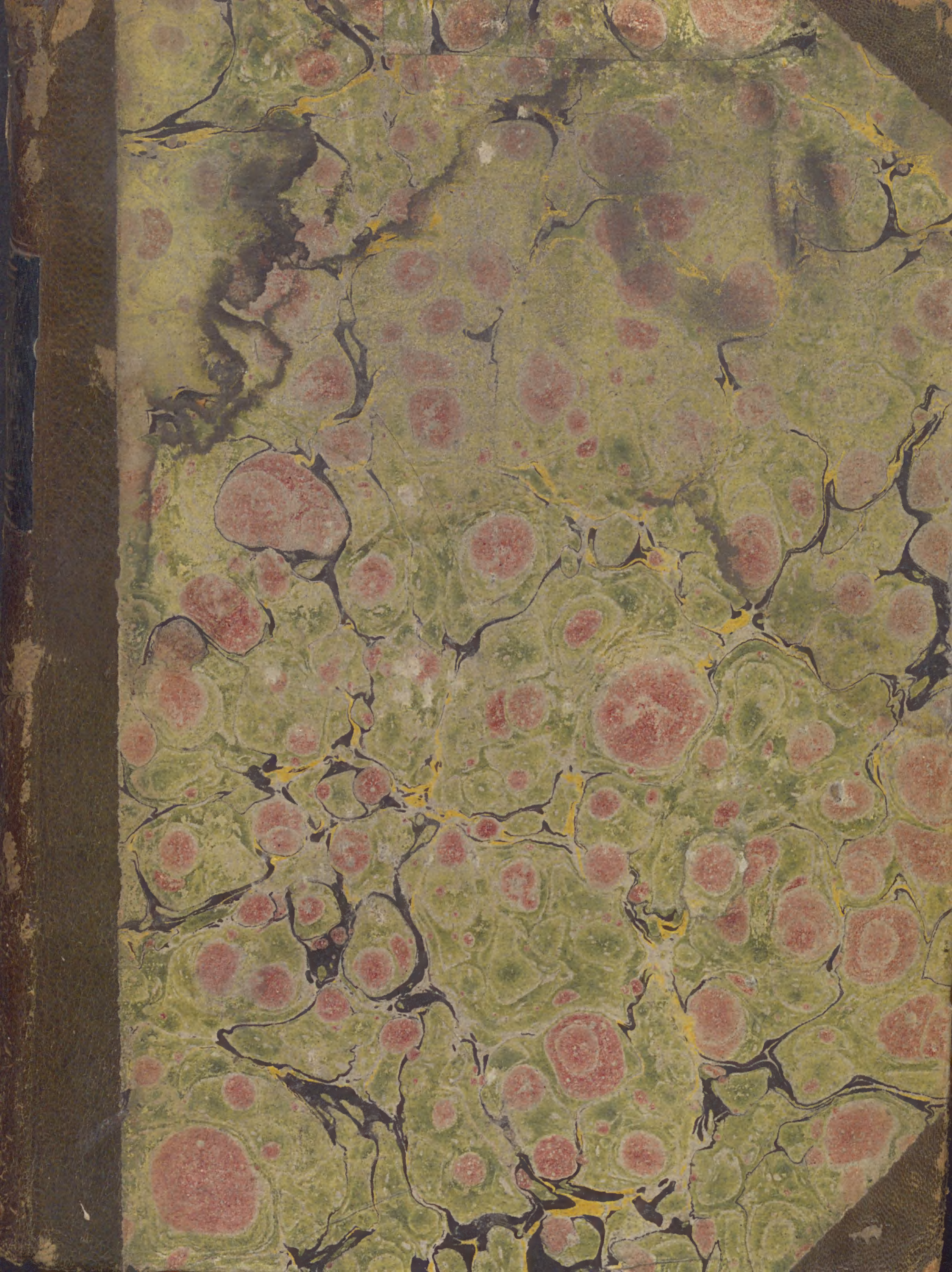
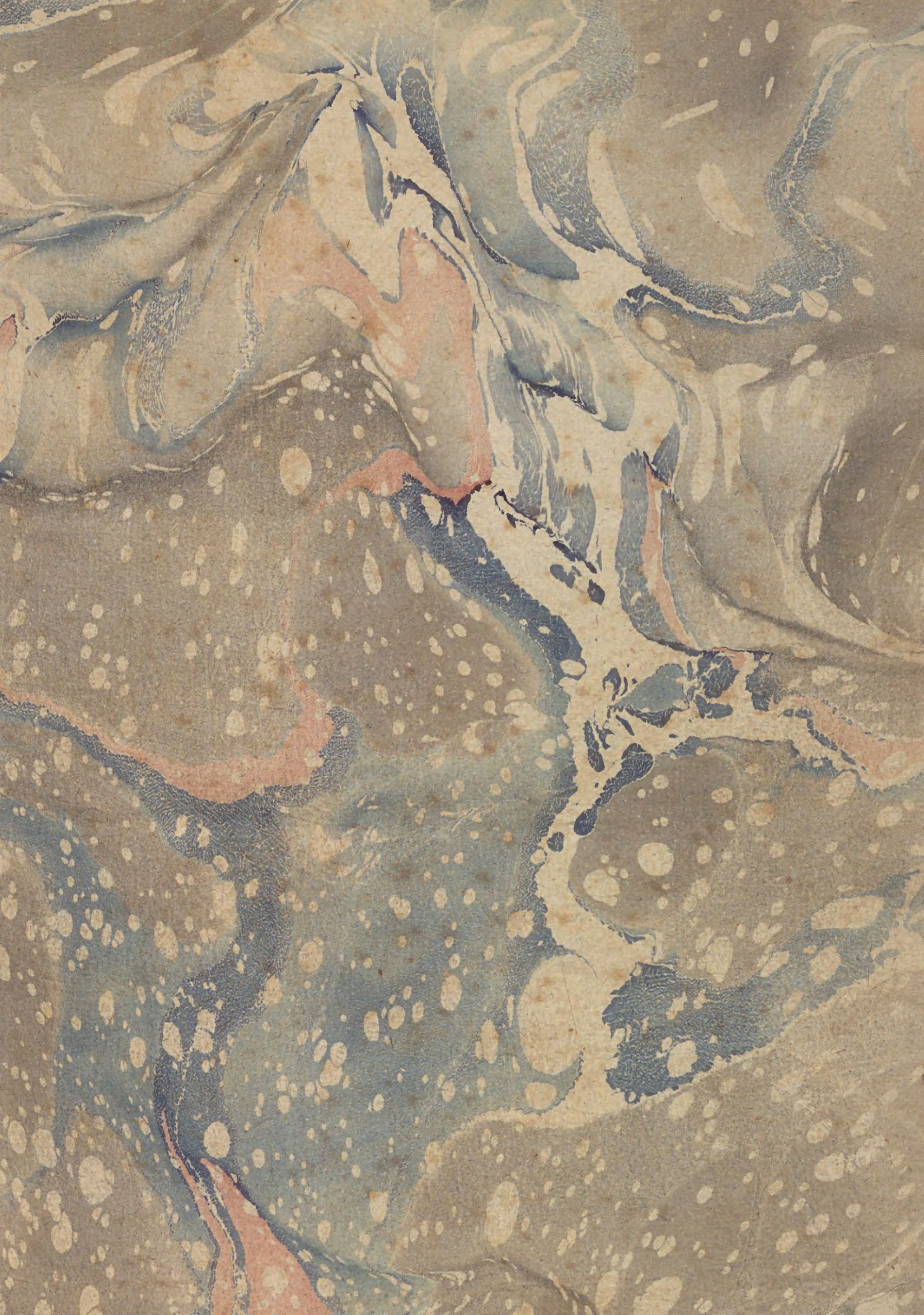






TRATADO

SOBRE EL MOVIMIENTO Y APLICACIONES

DE LAS AGUAS;

EN EL CUAL SE MANIFIESTA POR MÉTODOS SENCILLOS, CLAROS Y EXACTOS, CUANTO PERTENECE A SU CONDUCCION, DISTRIBUCION Y ELEVACION, SEGUN LOS DIFERENTES OBJETOS A QUE SE DESTINEN, PARA SATISFACER LAS NECESIDADES DE LOS PUEBLOS, Y LAS DE LA AGRICULTURA, INDUSTRIA Y COMERCIO: FACILITANDO EL REGADÍO Y LA NAVEGACION INTERIOR, Y PROPORCIONANDO ABUNDANTE Y EXQUISITA PESCA: DEMOSTRANDOSE ADEMAS QUE SU APROVECHAMIENTO EN ESPAÑA OFRECE UNA MASA TAN CONSIDERABLE DE RIQUEZAS, QUE SOLO SE PUEDE CONCEBIR POR LAS MUCHAS Y VARIADAS APLICACIONES QUE CONTIENE.

Obra útil, conveniente y necesaria á toda clase de personas, ya sean propietarios, ya agricultores, ya ganaderos, ya ejerzan alguna ocupacion industrial relativa á minas, molinos ó fábricas: ya desempeñen alguna de las profesiones de construccion, como la de ingenieros en todos los ramos, la de arquitectos, fontaneros, agrimensores, y la de los destinados á las edificaciones en que entran la madera y los metales.

Por D. José Mariano Vallejo.

TOMO SEGUNDO.

MADRID,
IMPRENTA DE D. MIGUEL DE BURGOS.
1833.

«El hombre es pues siempre el dueño de convertir en su provecho las cosas que parecen mas perjudiciales; y lo que la ignorancia le presenta como un azote, le parece mas tarde como un beneficio si llama en su auxilio á la observacion y á la esperiencia.”

TOULOUZAND. Anales Provenzales, n.° 10.
(V. §. 420, 2.ª *Obs. de este Lib.* 5.°)

PRÓLOGO.

La importancia de la materia, contenida en el libro quinto, ha exigido el que sea el mas extenso de toda la obra; pues ocupa él solo este segundo volúmen. Y para que su precio no sea excesivo, he procurado colocar las figuras del modo que mejor concilian esta circunstancia, con la de que se conserve en lo posible la unidad en toda la obra, y sin dislocar las materias cuando se han tomado de otros Autores; y á fin de que se consiga al mismo tiempo la claridad, al citar una figura, espresaré la lámina en que se encuentra.

ERRATAS.

Página	Línea	DICE	DEBE DECIR
17	9	cl	el
56	34	curvatuna	curvatura
61	28	espcrimento	esperimento
63	última columna de la tabla	Grama	Gramas
87	2	aspeerza	aspereza
117	1	produciriau	producian
138	15	cemo	como
165	penúltima	da fuerza	de fuerza
180	1 de la nota	abstracion	abstraccion
182	28	idem	idem
185	3 del testo	esfueszo	esfuerzo
189	1	pcso	peso
196	17	prolongandas	prolongadas
199	idem	trabajo	badajo
204	cabeza de la columna 8	cantidad de aecion	cantidad de accion
211	18	cedan	ceden
221	14	gerrones	gorrones
253	31	$\frac{1,842 \text{ cos.} a}{(\text{sen.} a)}$	$\frac{1,842 \text{ cos.} a}{(\text{sen.} a)}$
325	10	responde	corresponde
347	22	teoría	teoría, es
354	10	vclocidad	velocidad
id.	25	comunicados	comunicadas
360	25	En algunos ejemplares dice=4 pies	=44 pies
id.	26	suponeuos	suponemos
379	7	eonocer	conocer
384	30	son	se
397	idem	de	de la
435	4 y 5	corrosponde	corresponde
459	16	bellon	vellon
id.	26	idem	idem
472	29	eultivo	cultivo
474	25 nota	asoloba	asolaba
479	11	sspañola	española
510	cabeza de la 2.ª columna.	Numuro	Número

LIBRO QUINTO.

Cualidades mecánicas del agua; fuerza motriz que dicho líquido proporciona; y consideraciones acerca del mejor modo de emplear esta fuerza como potencia ó motor en los establecimientos de industria. Recapitulacion de los conocimientos y principios de Mecánica mas indispensables para el establecimiento de las máquinas, y que no se hallan en los libros elementales; teoría de la resistencia y choque de los fluidos; y exámen comparativo del efecto útil que producen las diferentes ruedas hidráulicas. Resolucion de diferentes cuestiones industriales, determinando la cantidad de agua que se requiere, como potencia motriz, para efectuar el trabajo de los principales objetos de las artes, fábricas, &c.; y modo de aplicarla, con especialidad para elaborar los mas importantes ramos de produccion de nuestro pais, como son moler el trigo, hacer el vino, fabricar el aceite, y manufacturar la seda y lana.

1 En el capítulo segundo del libro primero, hemos determinado el inmenso valor de las aguas que corren sin uso alguno por el territorio español de nuestra Península, si se empleasen como potencia motriz en los establecimientos industriales; y solo con pasar la vista por el § 65 del mismo libro, se notará que *dicho valor equivale á mas de noventa y siete veces la suma de lo que pueden aumentar la produccion agrícola, de lo que puede producir la pesca y el trasporte de los géneros por navegacion interior*. Lo que nos proponemos ahora en este libro, es manifestar el modo mas adecuado para obtener, con los menores gastos y penalidades, el grandísimo beneficio, que allí hemos calculado. Y sin mas que considerar la fra-

se, tan reconocida por todos, de que *en la ejecucion de las cosas se hallan las mayores y mas insuperables dificultades*, se notará la importancia del asunto que nos hemos propuesto.

2 Pero, si ademas se quieren añadir otras razones, para formar una exacta idéa del interés que merece este asunto, y del justo motivo con que no hemos perdonado medio ni fatiga para tratar de vencer las muchas y enormes dificultades, que exige su desempeño, bastará notar, que, en una *Memoria sobre la Hidráulica* leida por *Mr. Lermier á la Academia de Ciencias de Bordeaux en* 1825, *se advierten las siguientes frases.*

Pág. 4 "Podeis juzgar, señores, que este asunto es de una utilidad, que no puede ser mas general; porque en Francia, donde el uso de las bombas de vapor, no se halla todavía muy divulgado, casi todos nuestros establecimientos empléan el agua como potencia motriz.

»Por otra parte (pág. 5), es necesario confesarlo, raras veces se descubren cosas realmente nuevas; pero coordinando los materiales que ya existen, y aplicándolos diestramente, se pueden esperar resultados tanto mas útiles, cuanto los principios mas luminosos permanecen frecuentemente aislados y sin aplicacion en las obras científicas. Es necesario por lo general mucho tiempo, é investigaciones abstractas y laboriosas, para reunir los hechos que se refieren á un mismo asunto. Los prácticos no tienen, generalmente hablando, el descanso indispensable para estas investigaciones, aunque las necesitan con frecuencia. Tambien observamos, que los progresos de las Ciencias se anticipan mucho á la adopcion general de las mejoras que tienen por objeto coordinar sus principios. Esto es lo que se verifica de un modo bien señalado en casi todos nuestros establecimientos hidráulicos. Lo cual proviene generalmente, de que dichos establecimientos se hallan diseminados sobre el suelo de la Francia, y algunas veces aislados; de que un mismo sugeto no hace frecuentemente construir dos de una misma especie durante su vida; de que los fabricantes se entregan á los Arquitectos, que pueden muy bien saber construir un edificio, é ignorar los principios de la Hidráulica, tan esenciales para determinar las formas que se deben dar á las construcciones en el agua.

»Sin embargo, como un establecimiento debe tener una larga duracion, y necesita frecuentemente el empléo de capitales considerables, es del mayor interés para la industria, el introducir en las construcciones de este género cuantos adelantamientos sean posibles, á

fin de aprovechar toda la fuerza, de que se pueda disponer, que frecuentemente viene á escasear. UNA ECONOMÍA DE FUERZA, ES UNA COSA DE TODOS LOS INSTANTES; SU INFLUENCIA ES INMENSA, Y PUEDE CAUSAR LA RUINA Ó LA PROSPERIDAD DE UNA FÁBRICA *. Por lo que los esfuerzos de los fabricantes deben dirigirse constantemente al objeto de crear la mayor cantidad de productos en el mismo tiempo, y con los menores capitales posibles, y hácia este mismo objeto deben dirigirse todas nuestras meditaciones. El solo medio de sostener la concurrencia en los mercados estrangeros, vistos los progresos rápidos de la industria de un pais vecino (*la Inglaterra*), es el poder vender á tan bajo precio: lo cual depende de que se perfeccionen nuestros métodos de fabricacion."

En el dictámen dado á la Academia, se lee lo siguiente:

Pág. 41 "De todos los ramos de las Matemáticas aplicadas, el mas incompleto es ciertamente la Mecánica de los fluidos, y en particular la Hidráulica. No se poséen todavía sobre este ramo aquellas reglas tan generales, y tan fecundas á que ha conducido la Análisis en los demas tratados, y que comprendiendo en una sola fórmula el conjunto, y los detalles de los fenómenos, guian de un modo seguro en las aplicaciones á los diversos casos particulares. Los trabajos de nuestros primeros Geómetras, no han podido poner fuera de duda sinó un número muy pequeño de resultados, y aun estos con diversas restricciones..... el fabricante que llegue á crear la mayor cantidad de productos en el menor tiempo, y con los menores gastos, tendrá siempre la ventaja. Este es el código de la industria."

3 Y en otra Memoria del mismo Autor, cuyo título es *Consideraciones sobre el modo de crear ó formar un establecimiento hidráulico cualquiera*, se lee:

"Las numerosas aplicaciones de las Ciencias, sea con relacion á la Agricultura, sea respecto de los procedimientos de nuestras fábricas, y de la construccion de sus máquinas, sea en fin con respecto á

* Para manifestar la grandísima importancia de esta verdad, supongamos que en un establecimiento de esta naturaleza, se desperdicie una porcion de la fuerza motriz, como sucede por lo general, y que esta pérdida equivalga solo á un maravedí por segundo, cosa que podrá suceder se repute como despreciable. Pues un maravedí en un segundo es lo mismo que 60 maravedís en un minuto, y que 3600 maravedís en una hora. Y como la fuerza motriz del agua obra sin interrupcion, en las 24 horas que tiene el dia, producirán un valor de 86400 maravedís, que equivalen á 2541 reales diarios. Yo dejo á la consideracion de los interesados el que deduzcan las consecuencias, que, de aprovechar este beneficio, les podrían resultar.

las mejoras de los establecimientos, dan siempre un nuevo impulso á la industria. Sin embargo, como los descubrimientos aun los mas útiles, no se propagan sinó muy lentamente, y muchas veces solo por contacto inmediato, no se debe uno sorprender, recorriendo la Francia, de hallar ciertas partes de este bello pais, sobre todo las mas remotas, entregadas aun á la ciega rutina..........si se pudiese disponer de una caida de agua conveniente, será necesario preferir este motor á los que exigen un consumo en todos los instantes, á igualdad de circunstancias.............

........» La continuidad y la igualdad de accion deben aun considerarse. Por esta razon, el empléo del viento es ménos ventajoso que el de una corriente de agua. El fuego y el vapor presentan una reunion de motores que pueden muchas veces ofrecer desventajas, tanto bajo el aspecto de la complicacion de las máquinas, y de las causas activas de su construccion, como bajo el de estribar sobre una base variable, como es el precio del combustible.

» *El agua parece, pues, ser el motor por escelencia.* Es el que va á fijar nuestra atencion."

4 Si en Francia, donde hay ya muchas máquinas de vapor, y muchos establecimientos donde se fabrican estas máquinas, se reconoce *ser el agua el motor por escelencia*, con mas razon lo deberá ser en España; y si se considera que, por las desigualdades que presenta el terreno de nuestra Península, es mucho mas fácil, y mucho mas varato proporcionarse una caida de agua, que en Francia, no se podrá ménos de convenir en que es de la mas alta importancia y sublime trascendencia para nuestro pais el dar á conocer los medios de aprovechar esta potencia motriz tan abundante, y tan poco dispendiosa. Y como en esta obra manifestarémos el medio de regularizar los movimientos que produce su accion, que es el único inconveniente que se le atribuye, resultarán las mas considerables ventajas de su empléo y aprovechamiento como potencia motriz en nuestro territorio.

Mas para manifestar debidamente los medios de conseguirlo, en el estado actual de las ciencias, y con mas particularidad entre nosotros, son tantas las dificultades que se encuentran, por la inmensidad de conocimientos que exige, que uno desfallece al emprender negocio tan árduo. Confieso con la mayor ingenuidad, que he permanecido muy perplejo al considerar esta materia; pues algunos podrian acaso reputar á temeridad, presuncion, ó arrojo el acometer semejante empresa. Mas, como repetidas veces he manifestado, que mi único

objeto es ver si puedo proporcionar algun alivio á los beneméritos Españoles, y de ninguna cosa pueden resultarles mayores ventajas que de convertir, en provecho suyo, esta inmensidad de riqueza, que hoy no solo es improductiva, sinó que les causa enormes estragos con sus avenidas, como consta por las muchas narraciones desastrosas que insertan nuestros periódicos, me he decidido á estenderme sobre tan interesante asunto, hasta donde alcancen mis facultades. Y confiado en la buena intencion que me anima, espero se me disimulará tal atrevimiento: mayormente, cuando los defectos que yo pueda cometer en una materia tan interesante como poco trillada, darán ocasion para que, personas mas ilustradas cooperen á perfeccionarla. En este concepto, despues de la mas profunda y séria meditacion, me parece oportuno, para proceder con el mayor órden y claridad, el dividir este libro en tres capítulos. En el primero, trataré de las cualidades mecánicas del agua, de su fuerza motriz, y del modo mas ventajoso de emplear dicha fuerza: siguiendo un método de puro raciocinio, sin emplear cálculos complicados y prolijos, para que esta materia se presente al alcance del mayor número de personas. En el segundo, reuniré aquellos principios y conocimientos de Mecánica, que son mas necesarios para el establecimiento de las máquinas, y que no se contienen en los libros elementales; desenvolveré la teoría del choque y resistencia de los fluidos, y examinaré el efecto útil que producen las diferentes ruedas hidráulicas, dando á conocer las que yo tengo escogitadas como mas ventajosas; en cuya esposicion haré uso de todos los recursos que ofrece la ciencia del cálculo, aunque las reglas que deduzca para las aplicaciones prácticas, siempre las espondré con tal sencillez y claridad, que puedan ponerse en ejecucion por los que solo poséan los conocimientos de mi Aritmética de Niños. Y en el tercero, determinaré la cantidad de agua que, cayendo de una determinada altura, se necesita emplear, como potencia motriz, para conseguir cada especie de trabajo industrial de los mas usuales en las artes, fábricas, &c.: resolviendo aquellas cuestiones que mas ventajas pueden proporcionar á la España, para que saque el mejor partido posible de sus propias producciones de granos, aceites, vinos, lanas, y sedas. Y como el asunto de este último capítulo, es casi nuevo enteramente, pues viene á ser el resultado esclusivo de mis propias investigaciones, debo desde ahora reclamar la indulgencia de mis lectores, en atencion al laudable fin que á ello me estimula.

CAPÍTULO PRIMERO.

De las cualidades mecánicas del agua; fuerza motriz que este liquido proporciona; y consideraciones acerca del mejor modo de emplear esta fuerza como potencia ó motor en los Establecimientos de industria.

5 En la primera parte de nuestra *Mecánica industrial* (II C.), hemos hablado de los diferentes motores, de que se hace uso en lás operaciones de las artes, fábricas, &c., &c.; y pueden reducirse á dos especies, á saber: *motores animados* y *motores inanimados*.

La fuerza ó cantidad de accion, que producen los primeros, existe en su interior; es de todo punto espontánea, y de instinto, y depende enteramente del motor mismo. Se debilita en virtud de la duracion de su ejercicio; y se repara y renueva con el reposo, el sueño, el alimento y el descanso. Las condiciones de su intensidad son realmente indefinidas, y sus límites son tan vagos, é inciertos, que ni se pueden valuar rigorosamente, ni tampoco esplicar su causa física. El movimiento, producido por su accion, es únicamente la analogía que tienen con los otros motores; y como esta fuerza parece que se crea por sí misma puede trasportarse en cada instante de un parage á otro, sin mas preparaciones ni dificultad, que la de conducir allí al ser animado que la produce. Pero la fuerza de los demas motores está bajo el imperio de las leyes generales de la naturaleza; y para servirse de ella, es necesario tomarla donde la naturaleza misma aplica sus propias leyes, ó escitar con artificios mas ó ménos complicados el ejercicio de la potencia de estos motores. Tal es la fuerza del agua, de que vamos á tratar.

6 Como en todo lo relativo á las aplicaciones prácticas, tienen mayor peso las razones, cuanto mas sábias y esperimentadas en el particular son las personas que las profieren; nosotros, continuando en asentir, á las idéas y luces agenas antes que á las propias, trasladarémos como, á mi parecer, lo mas adecuado las idéas de *Mr. Christiam*, *Director del Real Conservatorio de Artes y Oficios de París*, en el primer tomo de su *Tratado de Mecánica Industrial*. Leemos en la pág. 118, capítulo XV, lo siguiente: "El agua no obra como motor, sinó cuando es conducida, en virtud de su peso de un punto elevado á otro que lo está ménos. Luego la pesantez es

el principio de su accion. No perdamos de vista que el agua no tiene fuerza por sí misma; pues presenta el mismo fenómeno que una piedra ó masa cualquiera elevada á una cierta altura; es decir, que cae por efecto de su pesantez hasta un punto mas bajo, si no se sostiene ó es detenida por algun obstáculo.

»Así, una masa de agua, por considerable que sea, nunca puede servir de motor, en tanto que no ceda á la accion de la pesantez, es decir, en tanto que no pueda moverse para correr ó caer de un punto alto donde se encuentre hácia un punto ménos elevado. Así, un lago inmenso situado en el fondo mas bajo de un distrito, nunca podrá servir allí de motor, á ménos que no fuese posible, escavando sus inmediaciones, proporcionar una caida, en que se pudiese abismar toda el agua, introduciéndose en las entrañas de la tierra.

»Repitamos todavía, cuando el agua, cediendo á las leyes de la gravedad, pasa de un punto á otro, es cuando se presenta una fuerza motriz; en este paso es donde se la puede tomar y emplear. Y aunque supusiéramos que se hubieran podido agotar todas las combinaciones mecánicas, todas las inspiraciones del Ingenio, el agua en reposo nunca será una fuerza mecánica.

»Se podrá hacer con ella todo lo que se quiera; se la podrá comprimir por una fuerza estraña, elevarla y dejarla caer por medio de algunos aparatos mecánicos; pero no será motor en este caso; y á lo mas será un intermedio por el cual pasará la accion de la fuerza estraña; ella no será sinó una masa inerte, que no producirá ni podrá producir á lo mas, sinó el movimiento que le ha sido comunicado.

»Creemos importante insistir desde ahora sobre esta verdad incontestable, porque desconociéndola muchas personas malgastan su tiempo, y algunas veces su caudal, en esfuerzos é investigaciones absolutamente inútiles *.

»Siempre que se quiere hacer obrar el agua como potencia motriz, es necesario que la pesantez sea el principio de su accion inmediata; si se elevase el agua por medio de otro motor cualquiera, para sacar despues partido de la caida que se le haya proporcionado, la fuerza primera, que se hubiese de este modo trasformado, siempre producirá ménos efecto, que si se hubiera empleado directamente y de un modo oportuno sin el intermedio del agua. Puede asegurarse pruden-

* Ademas, esto causa otro perjuicio mayor; pues con estos funestos ejemplos se retraen otros de hacer investigaciones útiles.

temente que es mala toda combinacion de esta clase *; porque ya hemos dicho que solo en virtud de la pesantez es como el agua puede llegar á ser una potencia activa. Cualquiera que sea el movimiento que se la comunique, no por eso deja de ser una masa pasiva, y lo único de que es capaz, es de trasmitir en parte lo que ha recibido, y nunca el todo, en virtud de las razones deducidas al tratar de los motores en general (V. nuestra Mec. industrial. Primera parte 5.º II C.).

»El agua tiene tanta mas fuerza absoluta, cuanto obra en mayor cantidad á la vez; cuanto mas considerable es el peso de la masa que obra, y cuanto mayor es la altura de que desciende; porque, mientras mayor es la caida, mas se ha ejercitado sobre el agua motriz la accion de la pesantez.

»Una cantidad de agua, que fluye permanentemente con una caida cualquiera, es capaz de producir un efecto mecánico, de hacer un trabajo, tanto mas considerable, cuanto mejor sea el modo de aplicacion. Pero, por ventajoso que sea el medio que se empléé, parece físicamente imposible el recoger, para trasmitirla, toda la fuerza absoluta del agua en el momento de su accion; porque por una parte ella pierde una cantidad mas ó ménos grande de su fuerza absoluta; y por otra, es necesario que le quede, despues del efecto producido en un instante, la suficiente fuerza para escaparse, proporcionando lugar á la que le sigue, y que debe obrar como ella.

7 »He aquí, pues, las dos inducciones generales que tenemos que sacar por el momento de esta observacion preliminar: 1.ª si el modo de aplicacion empleado es el mejor, que dé el *máximo* efecto; si, suponemos que sea una rueda hidráulica, que esta rueda esté construida como debe serlo, que reciba la accion del agua como conviene, y que haga el número de vueltas que se requiera en un tiempo dado, no hay nada mas que hacer en este caso, para la economía del motor; y nunca se debe pretender mas; no hay otras mejoras que buscar; si por ejemplo se quisiese hacer remontar una parte del agua, despues de su accion, por el efecto mismo de la rueda, es

* Es tanto mas importante insistir sobre este particular, cuanto se repiten con frecuencia casos de esta naturaleza. No hace mucho se ha presentado, como una invencion de importancia, una máquina que tenía por objeto elevar el agua del mar ó de una laguna ó depósito cualquiera por medio del vapor, y hacer que dejando caer otra vez esta misma agua hiciese andar á un molino de harina. El Autor aseguraba que esto se conseguía con muy poco gasto. Nosotros convenimos en ello; pero si la fuerza del vapor se hubiese empleado directamente en poner en movimiento el molino, sin hacer uso ninguno del agua, se conseguiría el mismo objeto con mucho ménos gasto.

cierto que se perdería una porcion mas ó ménos considerable de la potencia mecánica.

2.ª »*Con una cantidad dada de agua, por grande que la supongamos, cualesquiera que puedan ser la altura de su caida y el modo de aplicacion que se conciba, es imposible, despues del efecto producido, hacerla subir de nuevo en virtud de su propia accion*: de donde se deduce que no se puede uno servir indefinidamente de una cantidad dada de agua como motor; es necesario que ella se renueve sin cesar: en una palabra, es preciso que sea una corriente de agua, ó que si fuese intermitente, al ménos esté alimentada por intervalos, con nueva cantidad de agua que llegue. La razon es, que el trabajo, que se hace, consumiendo necesariamente parte de la fuerza en cada instante, acaba por agotar totalmente esta fuerza si no se renueva.

»Lo que acabamos de decir, ántes de entrar en el fondo de nuestro asunto, tiene por objeto señalar los falsos caminos en que se ve demasiado frecuentemente descarriarse á personas de un espíritu dedicado á las combinaciones mecánicas; y separando desde luego todo lo que no debe jamas formar el objeto de investigaciones, como opuesto á las leyes inmutables de la naturaleza, el prepararnos á abrir delante de nosotros las únicas vias que conducen á cuestiones realmente útiles, que se han resuelto de diversas maneras, ó para las cuales podría intentarse el buscar soluciones nuevas.

8 »El estudio del agua, como fuerza motriz, así como las investigaciones que se pueden hacer con este motivo, parecen evidentemente encerrarse en el exámen ó solucion de las tres cuestiones generales siguientes:

1.ª *¿Cuál es el mejor modo de hacer obrar una corriente de agua y de prepararla para que produzca su accion?*

2.ª *¿Cómo se debe valuar la fuerza del agua en actividad, y cuál es la relacion entre el valor del efecto mecánico producido y el de la potencia empleada en producirle?*

3.ª En fin *¿cuáles son los modos de aplicacion mas favorables á la economía de esta fuerza?*

»He aquí objetos vastos de investigaciones, y los únicos asuntos que esta materia ofrece á la esperiencia y á la observacion; y si estas tres cuestiones se resolviesen completamente, y con la debida exactitud por un número suficiente de esperimentos en grande, y de observaciones sobre cada caso particular, donde el agua ejerce las funciones de motor, único modo en efecto de resolverlas, parece que

el campo de las investigaciones quedaría cerrado sobre esta materia; tendríamos reglas ciertas y no habría mas que seguirlas fielmente para sacar el mejor partido de esta fuerza motriz.

9 »Solo hay tres maneras diferentes de hacer obrar el agua, cualquiera que sea el modo de aplicacion que se adopte, ó que se pueda imaginar: 1.° por *percusion ó impulso*; 2.° por simple *presion*: 3.° por *percusion y presion* á un mismo tiempo. Y cada uno de estos tres modos puede verificarse, ó continuamente ó con intermision.

»El agua obra por *impulso*, cuando viene á dar con cierta velocidad en la primera pieza que se le opone para recibir el sacudimiento, y se escapa *incontinenti* despues del choque: esto es lo que sucede por ejemplo á una rueda de paletas colocada en una corriente.

»El agua obra *por presion*, cuando no teniendo ninguna velocidad sensible, ó no poseyendo sinó una velocidad inicial, sobre poco ó mas ó ménos igual á la del punto de aplicacion, obra como cuerpo pesado sobre la primera pieza que se le opone y que ella conduce consigo al caer: esto es lo que se verifica, por ejemplo, cuando los cajones de una rueda vienen á presentarse sucesiva é inmediatamente en el orificio de salida del agua de un depósito, para llenarse y hacerse conducir por el peso del agua que reciben.

»En fin, el agua obra por *percusion y presion* á un mismo tiempo, cuando la primera pieza destinada á recibir el movimiento, es chocada primero por el agua, que cae de cierta altura, y retiene despues una porcion de esta agua; la cual obra entónces por su choque y por su peso: este doble efecto se verificaría si los cajones de una rueda recibiesen á cierta distancia la accion del agua, que tuviese ya una velocidad adquirida; ellos estarán chocados y retendrían al mismo tiempo una porcion del cuerpo chocante.

»Ahora, ¿cuál es en general el mejor modo de hacer obrar el agua, es decir, cuál es de estos tres modos de accion, el que permite al agua comunicar la mayor porcion del movimiento que encierra, cualquiera que sea la disposicion de las piezas ó de la máquina destinada á recibirla?

»Hemos probado, hablando de los motores en general, que la comunicacion del movimiento por percusion hacía perder una gran parte de la fuerza; y que por presion solo se perdía una pequeña cantidad, á causa de los defectos en la construccion, que son casi imposibles de evitar en la práctica.

»Es necesario, pues, para sacar todo el partido posible de la

potencia mecánica del agua, hacerla obrar por *presion*. El empléo por percusion debería ser desterrado de toda especie de motor hidráulico; una preocupacion vulgar parece oponerse á ello: se hace uso del impulso del agua en casi todas las ruedas que la toman por debajo, frecuentemente aun en las que la reciben por encima, porque el estrépito del choque sobre las paletas de una rueda parece anunciar para muchas personas una grande intensidad de potencia mecánica, y la tranquila presion del agua una accion débil y lánguida. Pero hemos visto que es precisamente esta violencia de accion la que aniquila una buena parte del movimiento motor; y esperimentos directos nos probarán mas adelante que miéntras mas viva y brusca es la accion del agua, se pierde mayor cantidad de su fuerza primitiva, sin volverse á recuperar."

10 *Mr. Christiam* pasa despues á hacer algunas consideraciones sobre el modo de conducir el agua al parage donde se necesita; pero como nosotros nos hemos ocupado de esto en el libro 3.°, solo observarémos con *Mr. Christiam* pág. 125: "cada punto de un rio, de un arroyo ó de un canal ó corriente cualquiera de agua, es el sitio de una potencia mecánica; en una palabra, por todas partes donde el agua se mueve, sin que importe el como ni en que sentido, hay movimiento motor que tomar. Se puede, pues, sin dar al agua ninguna disposicion previa, recibir allí el movimiento que puede comunicar en virtud de un medio de aplicacion adecuado al caso en que se encuentra. Así es, por ejemplo, como se puede colocar simplemente sobre la corriente de un rio una rueda de paletas, con solo el cuidado de tomar con preferencia el punto en que el álveo del rio es mas estrecho, y donde tiene la mayor profundidad y rapidez: decimos que se puede, pero no es el mejor modo, pues el agua obra en este caso por impulso."............

11 Al tratar del agua como potencia motriz en la primera parte de nuestra Mecánica industrial (II C), tuvimos cuidado de manifestar que "para valuar la potencia absoluta que una cantidad de agua puede ejercer, en un tiempo dado, se *multiplica el peso de toda la cantidad de agua que obra en dicho tiempo por la altura de que cae el agua.*" Esto quiere decir, como allí hemos manifestado, que si se tienen 1000 quintales de agua, que bajan en un minuto de una altura de cuatro pies, la fuerza que se produce está representada por 1000. 4=4000 quintales elevados á un pie; pero, en virtud de lo que allí hemos manifestado, cualquiera que sea el método de accion y de aplicaciones que se adopte, nunca se debe

esperar obtener la *igualdad* en el valor del efecto mecánico producido, y en el de la potencia mecánica gastada.

"No es pues, (continúa Mr. Christiam pág. 127) sinó la *mayor relacion* posible entre estos dos valores, la que es necesario buscar; y el modo de aplicacion, que diese esta relacion, sería incontestablemente el mejor atendiendo á la economía de la fuerza. Debemos tambien tener presente, que esta relacion debe necesariamente variar segun el modo de hacer obrar el agua y la magnitud de las resistencias estrañas al efecto útil; resistencias que, en la comunicacion del movimiento, destruyen parte de él, y podemos ya prever que la percusion del agua y un modo de aplicacion incómodo y complicado ofrecen la combinacion mas desventajosa posible en el empléo de su fuerza motriz, y dan la relacion mas pequeña entre el efecto producido y la cantidad absoluta de accion, de que es capaz su potencia mecánica.

» Se ve, pues, que el modo de apreciar la fuerza absoluta del agua, es seguramente sencillísimo y muy fácil, cuando se conoce la cantidad que sale de un orificio, ó que pasa por un canal ó tubo de dimensiones dadas, en un tiempo tambien dado.

» Pero no es ni tan sencillo, ni tan fácil el enseñar á determinar el valor de esta cantidad de agua gastada, en todos los casos que se pueden presentar. Es necesario conocer bien, ante todas cosas, las *cualidades mecánicas del agua*, y tener en consideracion las numerosas circunstancias que influyen en su desarrollo, apoyándose constantemente en los esperimentos directos hechos sobre este particular. Es demasiado importante para nosotros entrar en todos los detalles que nos parezcan necesarios para profundizar y esponer esta materia lo mas completamente que nos sea posible. Vamos á destinar á este objeto los capítulos que siguen. En este, solo hemos tenido por objeto dar una idéa general del motor que nos ocupa en este momento, y dirigir á su verdadero punto, las cuestiones, cuya solucion puede hacerle conocer, y apreciar su justo valor en las diferentes circunstancias en que la industria le puede emplear."

12 En el capítulo XVI *Mr. Christiam* continúa *considerando el agua como motor*; *y trata de su naturaleza bajo el aspecto mecánico*; *y lo que sucede cuando está encerrada en un depósito ó en un vaso cualquiera*; y dice así:

Pág. 129 "El empléo de un motor, y mas aun las investigaciones á que la marcha progresiva de la ciencia conduce, para estender ó mejorar el servicio que la industria puede sacar de él, exi-

gen un conocimiento profundo de la naturaleza mecánica, si se puede espresar así, del cuerpo cuya facultad motriz tenemos que considerar. Lo que hemos hecho respecto de los demas motores, lo harémos con el agua.

»¿Quién podrá prever las especies numerosas de combinaciones mecánicas que producirán las inspiraciones del ingenio del hombre, sobre el modo de emplear el agua como motor? Pero tambien ¿Quién podrá entregarse con seguridad á sus investigaciones sinó conoce á fondo todos los fenómenos mecánicos que el agua ha presentado hasta ahora, en las diversas circunstancias en que pueda encontrarse ya por la naturaleza, ya en virtud de las disposiciones del arte? Tenemos pues que examinarla en estas diversas circunstancias, y debemos referir fielmente todo lo que la esperiencia y la observacion han enseñado sobre este particular" ....*Mr. Christiam* pasa á determinar el peso del agua; lo que nosotros omitimos por estar este asunto bien detallado en el (§ 241 Mec. Prác.), y continuarémos con *Mr. Christiam.*

13 Pág. 130. "Se empléa en ciertas canteras, un medio que prueba aun la incompresibilidad del agua de una manera bastante curiosa; se introducen cuñas de madera, secadas al fuego, entre los bancos de piedra; se hace penetrar el agua en dichas cuñas, mojándolas: estas cuñas se hinchan, y hacen desprender enormes bancos de piedra. Si el agua pudiera comprimirse, al entrar en la madera, este efecto no tendría lugar seguramente. Es necesario esperar, en todos los casos en que el agua, hallándose encerrada en una capacidad sin salida, padezca cierta presion, que romperá lo que la cubre, mas bien que ceder á la accion que se ejerce sobre ella; ó que atravesará los poros del cuerpo sólido que la contiene.

»El agua es un compuesto de moléculas estremadamente móviles, cuya adherencia, aunque real entre sí, es tan débil que cada una parece obrar por sí sola, y como si no tuviese ninguna dependencia con sus vecinas, cuando obra por simple presion. Verémos en su lugar, que no sucede lo mismo cuando obra por percusion, y está en movimiento.

»No sucede así con los cuerpos sólidos, cuyas moléculas están unidas entre sí por una fuerza de cohesion mas ó ménos grande. Su accion solo se puede ejercer en comun, en el punto donde está situado el centro de gravedad del cuerpo sólido. Una masa de agua, considerada sin cubiertas que la rodeen, no tiene en rigor centro de gravedad: y en su accion, su efecto es bien diferente del que produciría un cuerpo sólido: estaría uno bien léjos de obtener el mismo resulta-

do de una libra de agua líquida, lanzada contra un cuerpo, que de un pedazo de hielo del mismo peso; este obrará sobre el punto del cuerpo que se opone á su centro de gravedad; aquella obrará á un mismo tiempo sobre todos los puntos del cuerpo en choque. Una masa de agua no tiene centro de gravedad, sinó cuando está contenida en un vaso, y la accion de todas las moléculas, que la componen, viene á ser entónces comun, porque ellas no tienen ya la libertad de separarse.

»El agua en un depósito, en un vaso cualquiera, ejerce sobre las paredes que la rodean, y sobre el fondo que las sostiene, una presion que le es propia, ó bien que le viene de una ó de muchas fuerzas estrañas. Veamos lo que pasa en ambos casos.

»Notemos primero que la superficie superior del agua en reposo, en un depósito, está siempre en un plano sensiblemente horizontal, ó, en otros términos, perpendicular á la direccion de la pesantez. Esta superficie no puede estar en otro plano, porque aquellas moléculas tan móviles del líquido que, en este caso, no estuviesen sostenidas, cederían á la accion de la pesantez y resbalarían sobre cualquiera otro plano que el horizontal. Este fenómeno se repite frecuentemente á nuestra vista, en los usos ordinarios de la vida, que solo se advierte por reflexion.

»Sin embargo no es necesario admitir el paralelismo de este plano al horizontal, sinó para una superficie líquida de poca estension. Sobre una gran masa de agua, como el Océano por ejemplo, la superficie es curva; pero todos sus puntos son perpendiculares á la direccion de la pesantez. Esta curva, por lo demas, no es sinó de unos ocho centímetros ($3\frac{1}{2}$ pulgadas esp.) sobre una estension de mil metros (3589 pies esp.). Se puede pues considerar la superficie del agua, sin movimiento en un depósito, como sensiblemente en un plano enteramente horizontal.

»Cada molécula del agua de este depósito está igualmente comprimida en todos sentidos; porque si las presiones que rodean esta molécula fuesen desiguales, esta cedería sucesivamente á las mas fuertes, y el líquido no estaría ya en reposo. La igualdad de presion, que padece cada molécula, es pues una condicion fundamental, sin la que el reposo de los líquidos no puede tener lugar. Esto no es decir que, cualquiera que sea la posicion de cada molécula, ya en el fondo, ya en la superficie del depósito, el valor de la presion que sufre es el mismo: sinó solamente que esta presion, cualquiera que sea su valor, se ejerce en todos sentidos sobre la molécula.

14 »¿Cuál es pues la presion que recibe una molécula colocada en un punto cualquiera de la masa de agua en el depósito? Se responde que es evidentemente igual al peso del filete vertical que la molécula sostiene sobre sí. Mientras á mayor profundidad se halle esta molécula, mas altura tiene el filete de agua que sostiene, y mas considerable es la presion. De donde resulta, que la presion sostenida por una molécula cualquiera debe medirse por la línea vertical bajada desde la superficie del agua sobre el plano horizontal que pasa por la molécula ó por la porcion de líquido, de que se quiere conocer la presion que recibe. Desde entónces, la presion no puede ser igual para todas las moléculas de una masa de agua; no es la misma sinó para las que están colocadas en el mismo plano horizontal; pues que el filete vertical, que cada una sostiene, posée en este caso, la misma altura para todas.

»Se concibe fácilmente que la presion de cada molécula es de todo punto independiente de la cantidad de agua contenida en el depósito; y si la altura del filete vertical sobre una molécula es la misma en un pequeño vaso que en un inmenso depósito, la presion será evidentemente igual; porque los filetes verticales, de que se puede suponer compuesta una masa de agua, obran independientemente los unos de los otros.

»La fuerza de presion ejercida sobre una molécula, que se determina por la distancia que separa esta molécula del nivel del agua, obra sobre ella, segun acabamos de espresar, en todos los sentidos de alto á bajo, de abajo arriba, y lateralmente. Las leyes de la pesantez esplican fácilmente la accion que se verifica de alto abajo; este punto no presenta al espíritu ninguna dificultad. Mas por esperiencia nos convencemos de que dicha accion se verifica igualmente en los otros sentidos.

»Tómese un tubo de vidrio abierto por los dos estremos; sumérjasele en un vaso de agua, cercando la abertura superior con el dedo. El aire encerrado en el tubo será al principio rechazado hasta un cierto punto, mas allá del cual resistirá á la accion del agua que propende á elevarse de abajo arriba en el tubo. Este encogimiento, compresion ó retroceso del aire anuncia una presion real del agua, de abajo arriba; pero destápese repentinamente el orificio superior del tubo, quitando el dedo; y en este caso el agua descenderá en el mismo instante con fuerza, y se pondrá á la altura de la que rodéa el tubo. Lo cual pone fuera de duda la presion de abajo hácia arriba.

»La razon es clara: todas las capas de agua, superiores á aquella

á la cual se llega con la parte inferior del tubo, ejercen su presion encima con toda su pesantez; pero un solo punto no está comprimido, que es el correspondiente al orificio del tubo; las moléculas de agua que se encontraban allí deben pues lanzarse dentro del tubo; y el equilibrio no se puede restablecer sinó cuando han llegado en el tubo á la misma altura que todas las columnas que la rodean; porque entónces todos los puntos de la capa inferior sufren la misma presion.

» Se observa la presion lateral, haciendo una abertura en cualquier lado de un vaso que está lleno de agua; el paso ó salida que se efectuará, no puede tener lugar sinó por la accion de una fuerza que se ejerce en la espresada direccion.

» Recibiendo cada molécula de una masa líquida, en todos sentidos, grados de presion, variables con la diferente profundidad á que se puede considerar cada punto en el seno del líquido, se sigue que las que tocan inmediatamente á las cubiertas, ó si se quiere, el fondo y las paredes del vaso ó del depósito que contiene el agua, obran á su vez contra las cubiertas, segun la presion que padecen.

15 » Examinemos primero cuál es la presion sobre el fondo del vaso.

» Cada punto de la superficie inferior de este fondo sostiene un filete vertical de agua, y la presion que de él recibe se mide manifiestamente por el peso de dicho filete. Luego si la superficie del fondo del vaso es horizontal, la presion que recibe es igual al peso de una masa de líquido que tiene por base la superficie sobre que estriba, ó el fondo mismo del vaso, y por altura, la misma que el agua. Por ejemplo, si el fondo tiene un pie cuadrado de superficie y la altura del agua es de un pie, la presion equivale á un peso de 70 libras, valor de un pie cúbico de agua *. Esta medida es exacta, cual-

* Este es el peso de un pie cúbico frances espresado en libras francesas; pero el pie cúbico español de agua espresado en libras españolas viene á pesar (§ 241 Mec. Práct.) unas 47 libras españolas. Lo que volvemos á repetir; porque, á causa de estas omisiones por los Autores ó Traductores, han resultado perjuicios de mucha consideracion. El Autor usa tambien del metro y de la quilógrama en este ejemplo; sobre cuyo punto debemos advertir que nosotros usarémos de nuestras medidas, sin hacer mencion de las francesas, cuando se trata de ejemplos que son enteramente arbitrarios; mas cuando no lo son, sinó que espresan resultados útiles en las aplicaciones, pongo las pesas y medidas francesas, y las correspondientes españolas. Pero cuando solo son esperimentos, como lo que se busca entónces son las consecuencias y deducciones generales, dejamos las pesas y medidas francesas; pues su reduccion no traería ventajas sinó que mas bien originaría confusion. Mas por si alguna vez hay necesidad de practicar alguna reduccion, debemos recordar, que si llega el caso de ser oportuno hacer la reduccion, podrá practicarse en virtud de lo espuesto (§ 153 I. T. E.).

quiera que sea la forma del vaso, con tal que el fondo esté en un plano horizontal, como lo es ordinariamente el de un depósito.

»La esperiencia confirma la exactitud de esta medida. Tomemos una caja rectangular cuyo fondo sea móvil, como el émbolo de una bomba; ajústese de modo que el agua no se pueda escapar; supongamos que dicho fondo esté sostenido ademas por una cadena fija al brazo de una fuerte balanza. Llénese de agua este vaso hasta un metro de altura, y habrá precision de poner en el platillo de esta balanza un peso de 1000 quilógramas, para sostener el esfuerzo de presion del agua. Un peso menor, haciendo abstraccion de los rozamientos del fondo móvil, cedería á dicha presion.

»Supongamos ahora que este fondo móvil esté sujeto, por un medio cualquiera á las paredes de la caja, y que se le desprenda del brazo de balanza; que se haga sobre este fondo, otra abertura de un decímetro cuadrado, en la cual se introduzca una especie de émbolo cuadrado, fijo como ántes á uno de los brazos de la balanza. Llénese la caja de agua hasta un metro de altura; no será necesario poner ya en el platillo de la balanza sinó 10 quilógramas para mantener la abertura exactamente tapada; es decir, que no se necesitará mas que un peso igual á una columna de agua de un decímetro cuadrado de base y de 10 dicímetros de altura, pesando el decímetro cúbico de agua una quilógrama.

»Este esperimento tan conocido, tan frecuentemente repetido con diferentes números, justificando tambien lo que acabamos de decir sobre la presion que recibe el fondo de un vaso, nos enseña aun que las diferentes columnas de agua ejercen sus presiones independientemente las unas de las otras; porque en nuestra caja, bien que llena con un metro cúbico de agua, hemos encontrado que, cuando la parte móvil del fondo no ha sido sinó un decímetro cuadrado, la columna correspondiente ha ejercido sola su presion sobre esta parte, como si todas las otras columnas que la rodéan hubiesen pasado al estado de hielo, y que la de un decímetro cuadrado de base hubiese solo quedado líquida.

»La medida es la misma, cualquiera que sea la forma del vaso; que sus paredes sean paralelas ó inclinadas; que sea estrecho ó ancho en la parte superior. La superficie del fondo y la altura del agua sobre él, son los solos elementos del esfuerzo de presion que recibe del líquido.

»Puesto que la presion que sostiene el fondo de un vaso no depende sinó de la superficie de este y de la altura del agua, se conci-

be cuan fácil es ejercer sobre este fondo una presion enorme con una cantidad de agua muy pequeña; basta para esto dar al vaso una forma tal que tenga una gran base y que se eleve á una grande altura, estrechándose mucho.

»Así, el fondo de una caja ó de un tonel, cerrados por todas partes, y sobrepujados de un tubo de un pequeño diámetro, recibirán una presion muy considerable, por la adicion de una pequeña cantidad de agua introducida en el tubo, estando el vaso lleno de antemano. Supongamos, por ejemplo, que la caja tuviese un metro de base; que solo tenga algunos milímetros de altura, pero que se ajuste sobre la parte superior un tubo de algunos milímetros de diámetro y de 10 metros de altura; no sería necesario seguramente mucha agua para llenar la caja, y el tubo; sin embargo, la presion sobre el fondo de la caja sería equivalente al peso de un volúmen de agua de un metro de base y de 10 metros de altura, es decir, á un peso de 10 mil quilógramas. Se ve la solidez que se debería dar á semejante caja para ponerla en estado de resistir á esta presion, y de qué modo, por semejante disposicion, es fácil, así como se practica algunas veces la esperiencia, hacer reventar un tonel ordinario.

»Esta cualidad mecánica del agua, y de los líquidos en general, es de grande importancia; por una parte, á causa de las aplicaciones útiles á que puede conducir, y por otra, en virtud de los destrozos que ella puede ocasionar, en el caso, por ejemplo, en que una masa de agua de una gran base, hallándose exactamente encerrada, viniese á comunicar con un filete de agua de una cierta altura.

»Pero, así como con una pequeña cantidad de agua se puede hacer sufrir en el fondo de un vaso una gran presion, del mismo modo se puede con una gran cantidad de agua producir una presion muy pequeña sobre el fondo, si este tiene poca superficie, y se ensancha mucho el vaso remontando hácia las orillas. El fondo no sostiene sinó la columna que le corresponde; las paredes son las que tienen que sostener el resto del líquido.

»Las paredes de una vasija son ó verticales ó inclinadas: examinémos la ley en virtud de la cual el agua ó un líquido cualquiera ejerce la presion contra las paredes verticales.

»Supongamos una caja cuadrada llena de agua, que para hacernos mas inteligibles, representarémos de perfil en la (fig. 1 lám. 1.ª); concibamos con el pensamiento que el líquido esté dividido en cuatro capas verticales; es claro, en virtud de lo que acabamos de decir, que el fondo *Ff* está comprimido por una fuerza igual *á la*

suma de los productos de la base de cada capa por la altura de cada una, ó en otros términos, al producto de la superficie del fondo de la caja por la altura *Fh*, pues que todas estas capas ó rebanadas tienen una misma altura.

16 »Pero, ¿cuál es la presion de la pared vertical *Pf*? Para encontrarla, observarémos, que habiendo imaginado que el líquido está dividido, como se ve en la figura, en cuatro capas horizontales, por los puntos 1,2,3,4; resulta que cada punto de la pared vertical *Pf* no está igualmente comprimido por el agua: pues que los puntos no están todos bajo la misma altura de presion. Los puntos de la pared comprendidos desde *P* á 1 están ménos comprimidos que los de 1 á 2; estos ménos que los de 2 á 3; y estos ménos todavía que los comprendidos entre 3 y 4; creciendo la presion, como se sabe, con el aumento de la altura.

»Se ve que, en el nivel del agua, la presion contra los puntos correspondientes de la pared *Pf*, puede considerarse como nula; pero va aumentando progresivamente desde el punto *P* al *f*, en el cual llega á ser la mayor; pues que la altura es la misma que la del líquido encerrado en la caja, y este aumento gradual de altura sigue visiblemente la misma progresion que las líneas $c'1$, $c''2$, $c'''3$; y en fin, *Ff* que representa la presion de la altura total.

»La presion contra la pared vertical *Pf* puede pues representarse, como si se verificase para una masa de líquido que tuviese por lado el triángulo *PFf*, del mismo modo que hemos representado la presion sobre el fondo por una masa regular de líquido que tuviese por lado el cuadrado *hFfP*. Pero como el triángulo *PFf* es la mitad del cuadrado *hFfP*, se sigue evidentemente *que la presion sobre una pared vertical es la mitad de la que se ejerce sobre el fondo*; ó mas simplemente, *para obtener la presion del agua sobre una pared vertical, es necesario multiplicar la superficie de esta por la mitad de la altura del agua en el depósito.*

»Haciendo el mismo razonamiento para cada pared vertical de la caja, se halla que la presion del agua, sobre los cuatro lados verticales, está representada por las *cuatro mitades* de la presion sobre el fondo; en una palabra, que ella es doble de esta; si las cuatro paredes verticales son rectángulos, se tendrá la presion ejercida contra ellas, multiplicando la suma de sus superficies por la mitad de la altura del agua en el depósito.

»Esta medida se aplica á los vasos ya sean prismáticos, ya sean cilíndricos. Para obtener, por ejemplo, la presion lateral del agua en

un cilindro ó en un tubo cualquiera, es necesario multiplicar la superficie entera de la pared circular interior, por la mitad de la altura del agua que el vaso contiene.

»Se concibe, que si se quisiese conocer solamente la presion ejercida sobre una porcion de la pared cilíndrica, equivalente, por ejemplo, á la cuarta parte de la superficie, se tomaría el cuarto de la presion total; que si se tratase de una porcion lateral situada en la parte inferior del vaso, esto es, que no fuese toda la porcion cilíndrica desde abajo arriba, sería necesario *multiplicar la superficie de esta porcion por la altura media*, que es igual á la mitad de la suma de las alturas del líquido, sobre el lado superior é inferior de la porcion que se considera.

»Se concibe, ademas, cuan fácil es causar una presion lateral considerable con muy corta cantidad de agua; no hay mas que aproximar á muy poca distancia dos de los lados opuestos de la caja. Permaneciendo una misma la altura de agua, la presion lateral será igual á la que se verificaría en una caja de un ancho cualquiera; y al contrario, para producir una presion lateral muy pequeña en una vasija ó depósito, que se destina á contener mucha agua, es necesario darle mucha longitud y ancho con poca profundidad.

»En virtud de lo que precede, se puede calcular bastante exactamente la presion que el agua ejerce, cuando está en reposo, sobre la compuerta de una esclusa. Para esto, despues de haber medido la altura del agua, y sabiendo que el pie cúbico español pesa unas 47 libras, se determina la *presion sobre el fondo* de una masa de agua; cuya altura se ha encontrado, y cuya base está representada por la superficie de la *parte* sumergida de la compuerta, multiplicando estas cantidades entre sí; la mitad del producto que se obtiene es la medida de la presion contra la compuerta.

»Supongamos, por ejemplo, que la compuerta sea de 6 pies de ancho, y que sostenga 4 pies de altura de agua; la superficie comprimida ó sumergida será de 24 pies cuadrados; multiplicando este número por los 4 pies de altura, tendrémos 96 pies cúbicos de agua, y dividiendo por 2, tendrémos que la presion será la de 48 pies cúbicos; y multiplicando por 47 libras que pesa el pie cúbico de agua, resultará que la presion de la compuerta será equivalente á un peso de 2256 libras españolas. Añadamos un *tercio* de este peso por la resistencia de los rozamientos de la compuerta en las correderas ó muescas que las contienen, y encontrarémos que para principiar á levantarla, será necesario vencer una resistencia de cerca de 3008

libras, á lo cual deberémos añadir el peso de la compuerta; pero es necesario notar que este efecto disminuirá al paso que la compuerta se eleve, y tenga que sostener por consiguiente una masa de agua de una altura ménos considerable.

17 »Lo que acabamos de manifestar acerca de la presion del agua contra las paredes verticales del vaso que la contiene, nos ofrece los siguientes resultados prácticos: 1.º La presion de cada porcion de líquido contra las paredes verticales siempre ha lugar en una direccion horizontal y perpendicular á cada punto de la pared; porque en esta direccion es en la que el líquido sale, cuando se ha practicado una abertura lateral cualquiera. 2.º La presion de cada porcion de líquido contra la pared es proporcional á la estension de la superficie sobre que se ejerce, y á la distancia media del nivel del agua. 3.º La presion en la parte inferior es mayor que en la superior; pues que es proporcional al número de capas ó porciones que están encima de aquella que se considera.

»La presion del agua sobre paredes inclinadas se aprecia de la misma manera que sobre las paredes verticales. Los filetes del líquido que sostiene la pared inclinada, así como la pared vertical, sobre los diferentes puntos de su superficie, tienen alturas diferentes; así, para valuar la presion, es necesario tomar la altura media de todos estos filetes, y considerar la superficie de la pared como cargada de una masa de agua cuya base fuese igual á esta superficie, y la altura igual á la altura media que hemos espresado, ó, en otros términos, á la distancia de su centro de gravedad á la superficie superior del agua. Una pared inclinada, no importa en que sentido sea esta inclinacion, de un pie cuadrado de superficie, y cuyo centro de gravedad se hallase á un pie de profundidad bajo el nivel del agua, sufriría en una direccion perpendicular á la pared, una presion de un pie cúbico de agua ó de 47 libras,

»Veamos cual podrá ser la presion sobre la cubierta que cerrase perfectamente un vaso lleno de agua. Entónces para que haya presion, es necesario poner el agua del vaso en comunicacion ó con un tubo ó con un embudo que se ajuste bien sobre la tapa, y por donde se derrame mas agua de la que el vaso pueda contener; si el vaso no estuviese sinó lleno, la presion sobre esta cubierta ó tapa sería inapreciable. La primera disposicion se puede presentar en algunas combinaciones mecánicas.

»Supongamos, pues, un cilindro hueco de fundicion de fierro lleno de agua y perfectamente cerrado por una tapa de la misma materia,

de un pie cuadrado de superficie. Ajústese sobre dicha tapa un tubo de cualquier calibre y de un pie de altura, que esté en comunicacion con la capacidad interior del cilindro; llénesele de agua; ¿qué sucederá? La columna de agua que en el cilindro corresponde inmediatamente con la del tubo, sufre una presion proporcional á la altura del agua en el tubo; pero las columnas inmediatas que la rodéan, serán igualmente comprimidas, ó mas bien todo el líquido contenido en el cilindro será igualmente comprimido sobre todos los puntos, y ejercerá reaccion por consiguiente sobre la tapa con todo el esfuerzo que ha recibido de la presion del agua del tubo. Es, pues, evidente que la presion sobre la tapa ó cubierta será igual al producto de su superficie por la altura del agua en el tubo, y en nuestro supuesto será equivalente á la de un pie cuadrado multiplicado por un pie de altura, lo que equivale á 47 libras de presion.

»La exactitud de esta medida se puede aun comprobar del modo siguiente: añádase otro tubo á la tapa de arriba; y tendrémos que, á medida que se derrame agua en uno de ellos, se elevará la misma cantidad en uno que en otro. Pero el agua no puede elevarse en el tubo añadido sinó por un esfuerzo de presion proporcional á la altura á que ella se eleva en él; y como cada porcion de la tapa, que se opone á la elevacion del líquido, es del mismo modo comprimida por una columna de agua de la misma base y altura que la que contiene el tubo, á causa de que si se aplicase sucesivamente sobre cada una un tubo, el agua se elevaría en él del mismo modo, y señalaría igual presion, es evidente que la tapa entera esperimenta una presion igual á su superficie multiplicada por la altura de la columna de agua encerrada en el tubo.

»Pues que la presion del agua obra en todos sentidos, sobre las paredes y el fondo del vaso que la contiene, se concibe fácilmente el fenómeno tan conocido del paso del agua de un vaso lleno á un vaso vacío, al establecer una comunicacion cualquiera entre ambos. Cuando se abre la comunicacion, las moléculas que se corresponden inmediatamente, no hallándose ya sostenidas por este lado, se precipitan en él con el esfuerzo que sufren ellas mismas en el líquido; las moléculas próximas siguen, y el agua va á ponerse al mismo nivel en los dos vasos; por lo que habrá equilibrio entre las columnas de los líquidos.

»Esta cualidad mecánica de los líquidos es á la que se debe atribuir el que el agua llegue á un pozo abierto en las cercanías de un rio ó de una masa de agua subterránea, cuyo nivel está mas elevado que el fondo del pozo. Es tambien por el influjo de esta cualidad mecánica,

por el que se juzga á qué altura está el líquido encerrado en un vaso; basta para esto adaptar á este vaso un tubo de vidrio recurvo y observar la altura á que se eleve verticalmente.

»Dos líquidos en dos vasos comunicantes, se ponen, como acabamos de decirlo, á nivel cada uno á la misma altura; pero es necesario que ambos tengan igual densidad. Si las densidades son diferentes, las alturas lo serán; así, el agua fria y el agua caliente, el agua cargada de materias salinas y el agua pura, no tienen las mismas densidades; y dos vasos, que el uno estuviese lleno de agua fria y el otro de caliente al mismo nivel, si se abre entre los dos, y por la parte de abajo, una comunicacion, el agua caliente se elevará sensiblemente mas arriba en el vaso que la encierra, que el agua fria en el suyo.

»La razon es sencilla; para que las dos columnas que se comprimen una á otra, se pongan en equilibrio, deben tener el mismo peso; pero como sabemos que, bajo el mismo volúmen, el agua fria es un poco mas pesada (V. las tablas del § 241 Mec. Práct.) que la caliente, es necesario una altura un poco mayor, para tener un peso igual al de la fria, y hacerle equilibrio. La diferencia de nivel sería mucho mas sensible si los dos vasos contuviesen el uno mercurio y el otro agua.

»Acabamos de examinar los fenómenos que presenta el agua, cuando encerrada en un vaso cualquiera ó en comunicacion con otros vasos, queda abandonada á sí misma y á su propia accion contra las cubiertas que la contienen: vamos ahora, para terminar este capítulo, á examinar lo que sucede cuando se hace obrar una ó muchas fuerzas estrañas sobre una masa de agua ó de otro líquido, exactamente encerrado en un vaso de cualesquiera forma y dimensiones.

»Supongamos como ántes, que á un cilindro de fundicion de fierro, lleno de agua, se adapte en su tapa un tubo bien ajustado; y que se introduzca en él una porcion de agua que comunique con la del cilindro; y sobre el agua del tubo un émbolo sólido, cuya espiga lleve un platillo destinado á recibir los pesos que se quieren hacer obrar sobre la masa líquida.

18 »He aquí lo que sucede cuando el émbolo comprime el agua con un peso cualquiera. 1.° Todo el esfuerzo de este peso, haciendo deduccion del rozamiento del émbolo en el tubo, se trasmite en toda libertad y sin pérdida, á través de la masa fluida. 2.° Cada molécula de la masa líquida sufre la misma presion que si el peso obrase sobre esta molécula sola. 3.° Si en lugar de un tubo, se ponen muchos sobre la tapa, con las mismas circunstancias, en una palabra, si la accion de muchas fuerzas estrañas se ejerce simultáneamente sobre la

masa líquida, todas estas fuerzas se harán mútuamente equilibrio, ó una sola se equilibrará con todas las demas.

»Estos fenómenos son bastante importantes para merecer toda nuestra atencion. Acerca del 1.° y 2.° punto, debemos tener presente, que el agua es, por decirlo así, incompresible *, y que la capa de moléculas, que toca inmediatamente al émbolo, lleva todo el peso de que este se halla cargado. Para conducirle, es necesario que estas moléculas se apoyen sobre la capa que sigue á la primera y que no puede ceder; la segunda capa sobre la tercera, y así sucesivamente hasta que la masa entera del líquido se apoye sobre la superficie de las cubiertas que la contienen.

»Pero cada capa, estribando sobre su inmediata, obra contra esta con todo el esfuerzo que ella misma sufre; todas las moléculas que están contiguas, siendo incompresibles, reciben al mismo tiempo la accion, como si cada una la recibiese inmediatamente del émbolo; ninguna causa puede, pues, debilitar la accion primitiva del peso; puesto que se trasmite así por una série de moléculas que no pueden ceder, y que ejercen su accion á su vez con la misma fuerza sobre todas las que la rodéan. Es por último, la cubierta la que debe reristir á todo el esfuerzo del peso sobre el líquido.

»Si la molécula estuviese sola, tendría evidentemente que sostener toda la presion que el peso ejerciese sobre ella; mas, para resistir, debería apoyarse sobre otros puntos capaces de ofrecer por sí mismos una resistencia suficiente. Si dicha molécula encuentra este apoyo sobre un cierto número de otras moléculas líquidas que la rodéan, cada una de estas debe del mismo modo y á ella sola, oponer una resistencia suficiente; porque todas deben ser y son igualmente incapaces de ceder: la accion del peso pasa, pues, á la cubierta, que forma el último apoyo de todas las moléculas, no solamente sin pérdida, sinó aun ejerciéndose toda entera sobre cada molécula que la trasmite. Luego la cubierta ó el vaso debe estar en todos sus puntos en estado de sostener el esfuerzo de la potencia que obra.

»Sería absurdo suponer que la presion, que una molécula recibiese del peso, pudiera dividirse, trasmitiéndose al número de moléculas que la tocan inmediatamente; porque, supongamos que haya nueve de estas; y que la presion se divide repartiéndose sobre las diez moléculas; que ademas estas obren sobre otras 90; se seguirá que cada una no llevaría mas que la centésima parte del peso, y que yendo así de

* Véase la nota del § 485 Mec.

números en números, la accion del peso acabaría por perderse, y se hallaría que el vaso mas frágil bastará para contener el agua y la accion del peso que ella sostiene: lo que es evidentemente contrario á la razon y á la esperiencia.

»Cada punto de la superficie de un vaso, exactamente cerrado, sostiene pues una presion igual á la que, un punto semejante del líquido, recibe inmediatamente de una fuerza estraña; y todas las moléculas de la masa líquida se hallarán comprimidas igualmente y en todos los sentidos. Si, pues, la base del émbolo de nuestro tubo fuese de 6 pulgadas cuadradas, y suponemos que esté cargado con 10 libras, cada porcion de 6 pulgadas cuadradas de la superficie esterior de la capacidad cilíndrica, tendrá que sostener una presion de 10 libras, así como todas las porciones iguales de agua que el vaso contiene.

19 »En cuanto al tercer punto relativo á que si la accion de muchas fuerzas estrañas se ejercen sobre una masa líquida, todas estas fuerzas se harán mútuamente equilibrio, y una sola se equilibrará con las otras; es al inmortal *Pascal* á quien se debe el conocimiento de este hecho importante. Nosotros no resistimos (dice Mr. Christiam) al placer de dejarle hablar á él mismo:

"Si un vaso lleno de agua (dice en su *Tratado sobre el equili-* »*brio de los fluidos*) cerrado por todas partes, tiene dos aberturas, la »una céntupla de la otra, poniendo en cada una un émbolo que la »ajuste bien, un hombre, comprimiendo el pequeño émbolo, igualará »á la fuerza de cien hombres que empujasen el émbolo, que es cien »veces mas ancho, y sostendrá 99. Y cualquiera proporcion que ten- »gan estas aberturas, si las fuerzas que se pongan sobre los émbolos »son como las aberturas, ellas estarán en equilibrio. De donde parece »que una vasija llena de agua es un nuevo principio de Mecánica, y »una máquina nueva para multiplicar las fuerzas al grado que se »quiera; pues que un hombre por este medio, podrá levantar el far- »do que se le proponga.

»Y se debe admirar que se encuentre en esta máquina nueva el »órden constante, que se halla en todas las antiguas, á saber, la pa- »lanca, el torno, la rosca sin fin, &c., que *el camino está aumen-* »*tado en la misma proporcion que la fuerza.* Porque es visi- »ble, que, como una de estas aberturas es céntupla de la otra, si »el hombre que empuja el émbolo pequeño, lo introdujese una pul- »gada, no rechazaría al otro sinó la centésima parte solamente: por- »que como esta presion ó impulso se hace, á causa de la continui- »dad del agua, del uno de los émbolos al otro, lo cual origina el

»que no se puede mover el uno sin comprimir al otro, es visible, »que cuando el pequeño émbolo se ha movido una pulgada, el »agua que él ha impelido, empujando al otro émbolo, como en»cuentra su abertura cien veces mas ancha, ella no ocupa allí si»nó la *centésima parte* de la altura: por manera, que el cami»no es al camino como la fuerza á la fuerza, lo que se puede to»mar aun por la verdadera causa de este efecto; siendo claro que »es la misma cosa hacer andar *una pulgada* de camino á *cien libras* »de agua, que hacer andar *cien pulgadas* de camino á una libra de »agua; y que así, cuando una libra de agua es de tal modo añadi»da con cien libras de agua, que las *cien libras* no se puedan remo»ver *una pulgada* sin que hagan remover la libra *cien pulgadas*, es »necesario que ellas permanezcan en equilibrio; *una libra* teniendo »tanta fuerza para hacer *una pulgada* de camino á *cien libras* como »cien libras para hacer andar *cien pulgadas* de camino á *una libra.*

»Se puede aun añadir, para mayor ilustracion, que el agua está »igualmente comprimida bajo estos dos émbolos: porque si el uno »tiene cien veces mas peso que el otro, tambien en desquite se halla »en contacto con cien veces mas partes, y así cada una lo es igual»mente; luego todas deben estar en reposo, porque no hay razon pa»ra que la una ceda mas que la otra: de manera, que si una vasija »llena de agua no tiene sinó una sola abertura de una pulgada de »ancho, por ejemplo, donde se ponga un émbolo cargado de un peso »de una libra, este peso hace esfuerzo generalmente contra todas las »partes de su vasija, á causa de la continuidad y de la fluidez del »agua: mas para determinar cuanto sufre cada parte, he aquí la »regla. Cada parte de una pulgada de ancho, como la abertura, su»fre tanto como si estuviese comprimida por el peso de una libra »(sin contar el peso del agua de que no se habla aquí, sinó del peso »del émbolo), porque el peso de una libra comprime al émbolo que »está en la abertura, y cada porcion de la vasija sufre precisamente »mas ó ménos á proporcion de su magnitud, sea que esta porcion »esté en frente de la abertura, ó al lado, léjos ó cerca; porque la »continuidad y la fluidez del agua hacen que todas estas cosas sean »iguales é indiferentes: de manera, que es necesario que la materia, »de que la vasija está hecha, tenga bastante resistencia en todas sus »partes, para sostener todos estos esfuerzos; si su resistencia es me»nor en alguna, reventará; si es mayor, suministra lo que es nece»sario, y el resto permanece inútil en esta ocasion: de tal modo, que »si se hace nueva abertura en esta vasija, será indispensable para

» detener el agua, que saltará, una fuerza igual á la resistencia que » esta parte debía tener, es decir, una fuerza que sea á la de *una* » *libra*, como esta última abertura es á la primera."

20 » Se sacaría de lo que precede una consecuencia falsa, si se creyese que cuando muchos pesos de una libra, por ejemplo, ejercen á la vez su presion sobre muchos puntos de una masa líquida, comprendida en un vaso cerrado por todas partes, cada punto sostiene la suma de las presiones de todos estos pesos: cada porcion de líquido correspondiente al uno de estos no sufre sinó la presion de este peso; los otros no hacen mas que sostener el esfuerzo que padece la primera, y solo sirven para apoyarla. Es claro que pesos iguales, que obran los unos contra los otros, se apoyan mútuamente; y el agua, que les sirve de intermedio, está en el mismo caso que si no padeciese mas que la accion de un peso, y se apoyase sobre los otros para resistir al primero.

» Hemos estudiado en este capítulo los fenómenos que la naturaleza del agua presenta bajo la relacion mecánica, y el género de accion que ejerce sobre sí misma, así como sobre las cubiertas que la contienen, sea que se la considere como abandonada á su propio peso, sea que se la suponga sometida á la presion de una ó de muchas fuerzas estrañas, á las cuales se la pone en el caso de resistir. Y si recapitulamos los principales hechos, que hemos espuesto en él, hallamos: 1.° Que el agua no es sensiblemente compresible; que las moléculas, que la componen, parecen gozar en su aglomeracion, de una gran movilidad, y obran independientemente las unas de las otras; 2.° que el agua se dilata por el calor, así como cuando pasa al estado de hielo, ejerciendo sobre los vasos que la encierran por todas partes una presion inmensa; 3.° que la presion producida por el agua, es siempre equivalente al peso de un prisma de este líquido, cuya base es igual á la superficie comprimida, y cuya altura se mide por la distancia del centro de gravedad de esta superficie al nivel del agua. Que por consiguiente, el agua y en general los líquidos ejercen su presion en todas direcciones ó sentidos sobre las paredes de los vasos que los contienen, no en razon de su cantidad, sinó en razon de la superficie de estas paredes, ó de la base sobre que los líquidos reposan, y en razon de su altura. Que se puede ejercer una presion muy grande con una cantidad de agua muy pequeña, con tal que se dé al vaso una forma tal que tenga una gran base y una gran altura, sin mucha capacidad. Que, al contrario, no se puede ejercer sinó una presion muy pequeña con

una gran cantidad de agua, dando al vaso mucha longitud y ancho, y poca altura ó profundidad; 4.º que toda fuerza, aplicada en un punto cualquiera de una masa de agua, se trasmite sin pérdida, y en todas las direcciones posibles. 5.º En fin, que una fuerza estraña, aplicada á la superficie de una masa líquida, comprendida en un vaso cerrado por todas partes, tiene en equilibrio á cuantas fuerzas pueden aplicarse sobre este líquido: siendo estas fuerzas como las superficies comprimidas."

21 En el capítulo XVII trata *Mr. Christiam de lo que sucede cuando el agua sale de un depósito por diversas especies de orificios*; en el XVIII *de la velocidad con que sale*; en el XIX *de su paso por los tubos de conduccion*; en el XX *de su conduccion por canales*; en el XXI *de los rios y del modo de estimar su velocidad*: sobre cuyos puntos no nos detendrémos, por hallarse todos tratados en nuestro libro 3.º con la generalidad, estension y exactitud que permite el estado actual de la ciencia. Solo añadirémos con *Mr. Christiam* pág. 219. "Cuando se quiere tomar, si es permitido hablar así, una fuerza motriz en la superficie libre de una corriente de agua, sin mudar esencialmente sus disposiciones naturales, basta entónces valuar, con la mayor precision posible, la velocidad del agua en su superficie y á una profundidad de algunas pulgadas en el solo parage donde se quiere recibir el movimiento que produce la corriente. La potencia mecánica, que allí se tome, dependerá evidentemente de la velocidad del agua y de la superficie que presente á su impulso el cuerpo destinado á trasmitir esta potencia. El valuar la superficie de este cuerpo no puede, en general, ofrecer ninguna dificultad; pero hemos visto ántes que con los medios empleados hasta ahora, no se obtiene la suficiente exactitud en la medida de la velocidad de una corriente, aun sobre un punto de su superficie.

»Vamos á proponer un instrumento que nos parece muy adecuado para dar valuaciones tan exactas como la práctica puede permitir.

»Notemos primero, como ya lo hemos hecho, hablando del molinete, ó pequeña rueda de paletas que gira libremente en la superficie del agua, por el impulso de esta, que este molinete no puede tomar toda la velocidad de la capa delgada de agua en que las paletas se sumergen, porque el aire que chocan, en su rotacion mas ó ménos rápida, opone al molinete una resistencia que retarda un poco su movimiento, y establece una diferencia mas ó ménos grande entre la velocidad uniforme, de que está animado, y la velocidad efectiva del agua. Pero, si, por un medio cualquiera, se pudiese des-

truir esta resistencia, entónces el molinete tomará con bastante exactitud toda la velocidad de las moléculas de agua que chocan sus paletas, pues que no teniendo ninguna resistencia que vencer, debe ser conducido como un cuerpo ligero, con toda la velocidad de las moléculas que le tocan, y que nada detiene. Luego si tomamos una fuerza, estraña al impulso del agua, y se dispone que obre de concierto con ella para hacer girar el molinete, y que esta fuerza sea igual á la resistencia que el aire puede oponerle, cuando tome toda la velocidad del agua; esta resistencia será destruida, y el molinete se moverá tan velozmente como el agua.

»Se puede obtener este efecto de un modo muy simple (fig. 2 lám. 1.ª) arrollando por un estremo un pequeño cordon de seda bien flexible sobre el eje de un molinete, y uniendo al otro estremo un pequeño platillo sobre el cual se pueden colocar los pesos necesarios. Este cordon se arrolla de modo que al descender los pesos, hagan girar el molinete en el mismo sentido que el agua le hace girar; he aquí la fuerza estraña de que acabamos de hablar; veamos ahora como se ha de hacer uso de ella.

»Despues de haber desprendido la cuerda del eje del molinete, se principia primero por hacer obrar solo el impulso del agua sobre él. Supongamos, que, por el número de revoluciones que él hace, cuando su movimiento de rotacion ha llegado á la uniformidad, se encuentra que ha tomado una velocidad de 40 pies por minuto: esta velocidad hubiera sido algo mayor, si por el choque del aire contra las paletas del molinete, no se hubiera retardado su movimiento; y hay suficiente motivo para inferir que la velocidad del agua es algo mas de 40 pies por minuto.

»Sáquese del agua el molinete; átese la cuerda á su eje y désele movimiento por la accion sola de los pesos; pongamos en el platillo un peso tal que obligue al molinete á dar un número de vueltas, que indique una velocidad un poco mayor que la comunicada por el agua, por ejemplo, de unos 43 pies por minuto.

»Dispuesto así el todo, volvamos á sumergirle en el agua, y hagamos obrar á un mismo tiempo al agua y á los pesos, y se verificará una de estas tres cosas, ó el agua tiene ménos de 43 pies de velocidad por minuto; ó tiene esta velocidad exactamente; ó tiene mayor velocidad.

»En el primer caso, pues que tiene ménos de 43 pies de velocidad por minuto, es claro que, si los pesos y el agua obran juntos, el molinete no podrá tomar en el agua la velocidad que tenía con los

pesos solos; en atencion á que las paletas chocarán al agua, en lugar de ser chocadas por ella, por la tendencia que tienen á tomar mas velocidad que la que el agua misma tiene; luego esta resistencia retardará el movimiento comunicado por la accion de los pesos.

»En el segundo caso, si el agua tiene la misma velocidad exactamente de 43 pies por minuto, el molinete hará en un minuto el mismo número de revoluciones con el agua y los pesos, que con los pesos solos, porque las paletas huirán delante de la accion del agua con la misma velocidad que esta, y por consiguiente no recibirán de ella ningun impulso. Luego la velocidad del molinete espresará exactamente la velocidad del agua.

»En el tercer caso, si el agua tiene mas de 43 pies de velocidad por minuto, el molinete marchará mas veloz que con los *pesos solos*; porque el esceso de la velocidad del agua sobre la de las paletas ocasionará un impulso que aumentará su velocidad.

»Así, cuando se halle que el agua y los pesos reunidos no comunican tanta velocidad como los *pesos solos*, es porque hay demasiado peso en el platillo y es necesario disminuirle; si al contrario, dicha doble accion comunica mayor impulso, es necesario aumentar los pesos, hasta que se obtenga por esta doble accion de los pesos y del agua la misma velocidad que por los *pesos solos*; de este modo se conocerá con una precision suficiente la velocidad del agua en la superficie y sobre el punto donde el molinete se mueve.

»Se concibe fácilmente, que la resistencia del aire, así como los rozamientos de los pequeños gorrones del molinete, queda destruida; y que, en tanto que no haya igualdad entre la velocidad del agua y la que los *pesos solos* comunican al molinete, hay variacion en la velocidad de este, cuando se mueve por los *pesos solos* ó cuando se mueve por el agua y los pesos unidos.

»Este modo de compensar la accion del aire por un contrapeso fue empleado por *Smeaton* en los esperimentos que hizo sobre las ruedas de paletas. Nosotros lo hemos aplicado con buen éxito al instrumento de que se trata, y que hemos procurado hacer tan cómodo y usual como nos ha sido posible. No creemos deber hablar aquí de una ligera modificacion que hemos hecho en él, para medir con su auxilio la velocidad del agua en diferentes profundidades, porque aun no lo hemos sometido al suficiente número de esperimentos. Puede usarse tambien para medir aproximativamente la fuerza absoluta de una corriente de agua. El número de vueltas que el molinete hace, durante un cierto tiempo, se halla exactamente indicado por el conta-

dor que se ve en la misma figura; lo que hace las observaciones muy fáciles. Un buen relox de segundos basta para medir el tiempo de las revoluciones: sería mejor adaptar un péndulo al instrumento."

22 En el capítulo XXII, trata Mr. Christiam de la *accion mecánica del agua sobre los cuerpos en diversas circunstancias y de la medida de esta accion.* Principia de este modo: pág. 231 "Para presentar el conjunto de los fenómenos que produce la accion mecánica del agua sobre los cuerpos, creemos deber examinar las diversas cuestiones siguientes, que nos parecen abrazar este asunto en su totalidad. 1.ª *¿Cuál es la accion del agua sobre los cuerpos que están sumergidos en ella libremente?* 2.ª *¿Cuál es su accion sobre los cuerpos que se ven obligados á moverse en ella por una fuerza estraña?* 3.ª *¿Cuál es su accion sobre los cuerpos firmes é inmóviles que se le oponen, ó que están destinados á resistir á su impulso?* 4.ª *En fin, ¿cuál es su accion sobre los cuerpos que pueden ceder hasta un cierto punto á esta misma accion?*

23 Contraigámonos á la primera. *¿Cual es su accion sobre los cuerpos que están sumergidos llbremente en ella?*

»El agua ejerce su accion perpendicularmente sobre todos los puntos de la superficie del cuerpo que se halla sumergido del todo en ella; y esta accion es tanto mas poderosa, cuanto el cuerpo se halla sumergido á mayor profundidad. Dicha accion es el resultado de la presion que sufre cada molécula de agua en el seno del líquido, así como lo hemos visto anteriormente; pues que todas las moléculas que rodéan al cuerpo se apoyan sobre él. Pero, así como la presion de cada molécula es proporcional á la altura vertical del filete de agua que ella sostiene, del mismo modo, cada punto de la superficie del cuerpo sumergido recibe del agua una accion particular; y la diferencia de accion entre dos puntos de esta superficie, es tanto mayor cuanto el cuerpo es mas voluminoso, y cuanta mayor es la distancia vertical á que se hallen dichos puntos. De donde resulta, que si el cuerpo debe permanecer sumergido en el agua á una profundidad un poco grande, es necesario dar á las partes inferiores mas solidez que á las otras.

»Si fuese de tal naturaleza que pudiese ceder á la accion del agua, se deformaría en ella, y se comprimiría tanto mas sensiblemente, cuanto mayor fuese la altura del espacio que ocupase. Una burbuja de aire sumergida á 11 metros (39,48 pies esp.) de profundidad en el agua, está comprimida en ella hasta el punto de no tener sinó la mitad de su volúmen. Cuando la burbuja de aire es muy diminuta,

conserva sensiblemente su forma esférica, porque la distancia que separa los dos estremos de su diámetro vertical es muy pequeña; pero si su volúmen es algo considerable, se aplana por la parte inferior. La accion del agua produciría el mismo efecto sobre cualquier otro cuerpo compresible; y si no fuese de naturaleza bastante sólida para resistir á esta accion se rompería.

»Las acciones respectivas horizontales de las capas de agua, sobre el cuerpo sumergido, oponiéndose las unas á las otras todo al rededor del cuerpo, se hacen mútuamente equilibrio, y el cuerpo queda inmóvil en el concurso de estas acciones iguales. Pero la accion vertical de abajo arriba del líquido propende constantemente á levantar el cuerpo, cuya parte superior está siempre necesariamente ménos comprimida que la parte inferior.

»Se puede hallar en este empuje de abajo arriba, el medio de tener un tubo, que estuviese sumergido verticalmente en el agua, cerrado por una chapa bien colocada sobre este tubo, y que no estuviese sujeta á él de ningun modo; para esto, se aplicará la chapa simplemente sobre el orificio inferior del tubo; se sumergirá este en el agua, sosteniendo la chapa hasta cierta profundidad; la placa entónces permanecerá exactamente aplicada á este orificio por la accion sola del agua; y la fuerza, que abrace sobre esta chapa, será tanto mayor cuanto el tubo se halle mas profundamente sumergido. Es menester notar, que la chapa no quedaría aplicada al orificio sinó á cierta profundidad; porque en la superficie del agua ella no se podría mantener si fuese de un peso específico mayor. Pero cuando está colocada á una profundidad tal que el peso de la columna que la comprime de abajo arriba es superior, ó al ménos igual al de la chapa, ella cierra exactamente el orificio del tubo. La densidad de la materia, de que la chapa se compone, determina pues el grado de inmersion, á que se debe colocar el tubo: así, pues que el fierro fundido es, bajo el mismo volúmen, unas siete veces mas pesado que el agua (Véase la tabla del § 43 Mec. Práct.), sería necesario sumergir el estremo del tubo y la chapa, si fuese de fundicion, á una profundidad al ménos siete á ocho veces mayor que su grueso.

»Se ve en el artículo *peso específico*, al fin del volúmen, que el empuje de abajo arriba es igual al peso de un volúmen de agua igual al del cuerpo sumergido (Véase § 368 II C); de aquí resulta que en tanto que un cuerpo sumergido en el agua tiene debajo de sí una capa de líquido, por delgada que sea, toda la accion del fluido superior es balanceada por la de las capas inferiores, que se ejerce so-

bre el cuerpo en sentido contrario. No sufre, pues, una accion creciente por parte de las columnas superiores á medida que se sumerge en ella, y jamas puede ser obligado á descender por la carga de agua que se halla encima de él.

»La accion del agua, que propende constantemente á levantar un cuerpo sumergido, se verifica exactamente en la línea vertical; y esta línea pasa necesariamente por el centro de gravedad del volúmen de agua que el cuerpo desaloja por su inmersion. Es evidente que la forma del líquido desalojado es siempre la misma que la del cuerpo; y que este, siendo una esfera, por ejemplo, la línea de empuje pasa por el centro de esta esfera. Un plano, tirado por esta línea, divide al volúmen de agua desalojado en dos partes iguales; y la misma intensidad de accion se hace sentir á los dos lados del plano. Sobre un cuerpo sumergido en el agua se ejercen dos acciones á la vez y en dos sentidos opuestos: la del líquido que se verifica, como acabamos de decirlo, de abajo arriba; y la de la pesantez, que se verifica de alto abajo. La direccion de la primera pasa por el centro de gravedad del volúmen de agua desalojado; y la direccion de la segunda, por el centro de gravedad del cuerpo. Estas dos acciones cooperarán á destruirse, si sus direcciones respectivas están sobre la misma línea; si no lo están, el agua obrará por un lado, la pesantez por otro, y obligarán al cuerpo á girar sobre sí mismo, hasta llegar á confundir sus direcciones y contrabalancearse. El cuerpo permanecerá entónces inmóvil, si su peso es igual al del volúmen de agua que desaloja; descenderá si es mas pesado, ó remontará si es mas ligero.

»Si desciende, será al principio con una velocidad acelerada, porque la accion del agua solo puede destruir una parte de la pesantez; mas como la resistencia del agua aumenta con la velocidad del cuerpo, esta será necesariamente retardada. Si remonta por su menor peso específico, será tambien con una velocidad acelerada, que se retardará igualmente por la resistencia de las capas líquidas que esté obligado á desalojar.

»Un cuerpo mas ligero que el agua no puede pues estar sumergido en ella, sinó por una fuerza estraña: abandonado á él mismo, remonta y viene á flotar en la superficie. Entónces, una parte de este cuerpo está sumergida en el fluido, y la otra fuera; y aunque el nivel de las columnas sobre las cuales el cuerpo se apoya, esté rebajado por su desalojamiento, ellas están sin embargo en equilibrio con las que las rodéan, y cuyo nivel es diferente. El peso del cuerpo compensa esta diferencia de nivel; y en virtud de esta com-

pensacion, representa evidentemente la cantidad de agua necesaria para conducir estas columnas al mismo nivel. Se puede, pues, concluir con certidumbre, que el cuerpo desaloja, por su parte sumergida, un peso de agua igual á su propio peso; y que se podría, para decirlo de paso, conocer el peso de un cuerpo colocándole sobre el agua, y recogiendo la cantidad de líquido que él desalojase.

»Ejerciéndose la pesantez y el empuje del agua sobre un cuerpo flotante en su superficie, del mismo modo que sobre un cuerpo sumergido, el cuerpo flotante no puede tener en el líquido una posicion estable, sinó en tanto que las direcciones de estas dos fuerzas pasen por los centros de gravedad del cuerpo y del volúmen de agua desalojado; pero, cuando en este estado de equilibrio, recibe la accion de una fuerza estraña sobre algunos puntos mas ó ménos distantes de la línea, que pasa por su centro de gravedad, cede muy fácilmente: una parte del cuerpo se sumerge debajo de los puntos de aplicacion de esta fuerza estraña, la otra le eleva sobre el agua; y, segun las posiciones respectivas de los centros de gravedad del cuerpo y del volúmen de agua que desaloja, puede ser ó no trastornado.

»No lo será, si el centro de gravedad del cuerpo está *debajo* del volúmen de fluido desalojado; porque, para trastornarle, sería necesario que su centro de gravedad se elevase por encima de la superficie del agua para pasar al otro lado del plano tirado por el centro de gravedad del cuerpo, lo que no puede tener lugar; y al instante que la fuerza estraña deje de obrar, el cuerpo oscila sobre el agua, y vuelve á su primera posicion. Este es el caso de un barco construido y cargado convenientemente.

»Si los dos centros de gravedad están confundidos en el mismo punto, se tendrá trabajo en trastornar el cuerpo; porque la fuerza estraña llevará á otro parage el punto, sobre el cual el agua empuja al cuerpo, cuyo centro de gravedad permanecerá en la misma línea. Pero este punto de aplicacion del empuje del agua no se puede hallar en otra parte que del lado hácia donde el cuerpo se inclina; luego dicho empuje debe cooperar con la pesantez, para impedir que el cuerpo se trastorne, propendiendo constantemente á volverle á su primera posicion.

»Pero, si el centro de gravedad del cuerpo está *encima* del volúmen de agua desalojado, el cuerpo flotante será fácilmente trastornado, si la distancia que separa los dos centros es muy pequeña, porque entónces bastará inclinar el cuerpo flotante, una cierta cantidad, para que el punto de accion del empuje del agua se halle

debajo del centro de gravedad del cuerpo, y coopere con la pesantez para trastornarle. Sin embargo, en tanto que la vertical que pasa por el centro de gravedad de la porcion sumergida del cuerpo, que se haya hecho inclinar una cierta cantidad, encuentre al eje de este cuerpo en un punto colocado sobre el centro de gravedad de toda su masa, el cuerpo flotante propenderá siempre á levantarse, porque la pesantez y el empuje del agua obran entónces de concierto. Tales son los fenómenos de la accion del agua sobre cuerpos que están sumergidos en ella libremente, ó que flotan en su superficie.

»Nos falta examinar, como aplicacion de lo que precede, el medio que podrémos emplear para determinar la cantidad de materia de otra naturaleza, que se debe añadir á un cuerpo para hacerle sumergir enteramente, ó solo una cantidad dada, si es mas ligero que el agua, ó para hacerle flotar en su superficie si por su naturaleza es mas pesado.

»En el primer caso puede suceder una de dos cosas, ó la materia añadida está unida al cuerpo ligero, de modo que el volúmen de este no se aumente, ó se aumentará este volúmen por dicha adicion. Supongamos que se tenga que hacer sumergir en el agua un cubo de madera, de un pie de lado, y que su peso específico sea la mitad del del agua: es evidente, que este cubo solo desalojará la mitad de un pie cúbico de agua, y que una parte sobrenadará; supongamos ademas que sea con plomo con lo que se le quiera hacer sumergir enteramente sin aumentar el volúmen; para lo cual será preciso introducir el plomo dentro del mismo cubo. Se trata ahora de saber qué cantidad; y como el pie cúbico de agua pesa unas 47 libras, el del cubo de madera, que pesa la mitad, pesará $23\frac{1}{2}$; luego añadiendo $23\frac{1}{2}$ libras de plomo al cubo de madera, se sumergirá. Se concibe sin trabajo lo que habría que hacer si los pesos específicos de los cuerpos, que se reunen de este modo, fuesen diferentes; pues que no habría mas que sustituir otros números en la regla.

»Pero supongamos que no convenga introducir la materia pesada en el cuerpo ligero; y que se quiera simplemente suspenderla en él; entónces, el volúmen de la materia añadida aumenta el del cuerpo ligero, y será necesario emplear mas plomo que en el ejemplo anterior. Se sabe que el peso respectivo de un volúmen de plomo es como unas once veces mayor que el mismo volúmen de agua (V. la tabla del § 43 Mec. Práct.); y que pierde $\frac{1}{11}$ de su peso en la inmersion; será necesario pues añadir á las $23\frac{1}{2}$ libras, el *onzavo* de este

peso, para hacer sumergir el cubo de madera. Si se quisiese que este no se sumergiese sinó una cierta cantidad, es fácil de determinar el volúmen ó el peso de la materia que se debe añadir, para obtener el grado de inmersion pedido, pues que se conoce el volúmen de la inmersion del cuerpo ligero solo, así como el correspondiente al grado de inmersion, que se quiere obtener, y se conoce del mismo modo cuantos pies cúbicos de agua se quieren desalojar de mas, llevando la inmersion al grado propuesto.

»Para el segundo caso, propongámonos hacer una bola de fierro forjado, por ejemplo, del peso de 30 libras, que pueda flotar sobre el agua: se sabe que el peso del pie cúbico de agua es unas 47 libras; y que un volúmen de agua de 30 libras será de $\frac{30}{47}$ de pie cúbico. Como el fierro forjado es (V. tabla de § 43 Mec. Práct.) 7,788 veces mas pesado que el agua, dicha bola, si ha de sobrenadar deberá tener un volúmen algo mayor que $\frac{30}{47} \times 7{,}788$ ó de unos 5 pies cúbicos. Ahora, en virtud de lo espuesto (§ 435 cor I C), el diámetro correspondiente á una esfera de este volúmen es de 2,1 pies. Luego si hacemos una esfera hueca de fierro fundido, cuyo diámetro esterior sea mas grande que 2,1 pies españoles, y cuyo peso sea de 30 libras, sobrenadará en el agua; y tanto mas, cuanto mayor sea el diámetro en comparacion de 2,1 pies.

»Cuando, en lugar de ahuecar el cuerpo pesado, se le quiere simplemente añadir un volúmen suficiente de un cuerpo ligero cualquiera para hacerle flotar, la regla siguiente resuelve todas las cuestiones de este género. *Multiplíquese el volúmen del cuerpo mas pesado que el agua, por la diferencia entre su peso específico y el del agua; divídase despues por la diferencia entre el peso específico del agua y el de la materia ligera, que se quiere añadir*, y se tendrá el volúmen de esta materia, que será necesario unir á la otra, para tener el cuerpo pesado equilibrado en el agua.

»Si se quisiese tener el peso de esta materia, sería necesario multiplicar la diferencia que hay entre el peso del cuerpo y el de un volúmen igual de agua, por el peso específico de la materia ligera, y dividir por la diferencia entre este peso y el del agua; el cociente dará este peso.

»Terminémos el exámen de esta primera cuestion, notando que todos los hechos referidos sobre este asunto son independientes de la cantidad de agua sobre la cual se opera, y que su empuje vertical de abajo arriba se ejerce con la misma potencia, cualesquiera que sean las dimensiones de este fluido.

»No sucede lo mismo cuando el cuerpo sumergido ó flotante recibe un movimiento de traslacion en lo interior ó en la superficie del fluido, por la accion de una fuerza estraña; la resistencia del agua varía, segun las dimensiones del canal ó del depósito que la contiene, como vamos á manifestar en la discusion de la cuestion siguiente.

24 »¿*Cuál es la accion del agua sobre los cuerpos que se mueven en ella por una fuerza estraña?*

»Hemos hablado ya, en uno de los capítulos relativos á los motores en general, de lo que se llama *resistencia de los medios*; volvemos ahora al mismo asunto para examinar los hechos que el agua presenta bajo este aspecto. El cuerpo, sometido en el agua á un movimiento, que debe á una fuerza estraña, empuja delante de sí á las moléculas de fluido que se elevan al principio delante de la superficie del cuerpo, para escaparse despues por los dos lados. Si estas no pueden sustraerse á la accion del cuerpo, escapándose lateralmente, el agua continuaría elevándose contra la parte anterior del cuerpo; y toda la masa de agua amontonada ejercería reaccion con toda su potencia. Si dicho líquido no pudiese elevarse sobre un cierto límite, como sucedería en un tubo ancho que el cuerpo, que se mueve, llenase enteramente, la resistencia del agua podría llegar á ser insuperable. Mas cuando se puede escapar por los lados, la resistencia solo depende del número de moléculas que el cuerpo encuentra en su movimiento, y de la mayor ó menor facilidad que tienen estas para huir lateralmente, despues de haber sido rechazadas delante del cuerpo. Se comprende perfectamente que cuando la masa de agua tiene grandes dimensiones, con relacion al cuerpo, ella se desvía mas fácilmente, que si estuviese encerrada en un canal estrecho. Examinemos cuál es la resistencia que opone el agua al movimiento de un cuerpo en ambos casos.

»Cuando el canal ó el depósito, en que los cuerpos se mueven, son muy anchos con relacion á estos cuerpos, la resistencia del agua sigue sobre poco mas ó ménos la razon de los cuadrados de las velocidades; es decir, que es *cuatro veces* mayor, contra un cuerpo que se mueve dos veces mas veloz. Hemos dado la esplicacion de este hecho, al hablar de la resistencia de los medios, como causa de pérdida de movimiento motor; pero se halla tambien comprobado por un gran número de esperimentos directos. Dicha resistencia parece seguir la misma ley, cualquiera que sea la forma, plana, angular, ó curva del cuerpo que se mueve en el agua. *Bossut* ha notado, sin embargo, que cuando el cuerpo se mueve muy velozmente, la resistencia

crece en una relacion mayor que los cuadrados de las velocidades; mas he aquí como esplica este hecho: en el momento que un cuerpo flotante, por ejemplo, principia á moverse, el fluido está obligado á dividirse, y á ceder para hacerle lugar; pero el agua no puede prestarse en un instante indivisible al movimiento del cuerpo y huir tan velozmente como se necesitaría. En el principio del movimiento, la velocidad se acelera por grados; en tanto que es muy pequeña, el agua se separa fácilmente y corre á lo largo de las paredes del cuerpo flotante; de modo que el fluido permanece sensiblemente á nivel desde la parte anterior á la parte posterior del cuerpo; pero, á medida que la velocidad aumenta, el agua tiene mas dificultad en desviarse, ella se aglomera delante, y se baja detras del cuerpo tanto mas, cuanto la velocidad y el ancho de este son mayores: así, el aumento de velocidad debe acrecentar de un modo particular la resistencia que proviene de la division demasiado repentina del líquido.

»Concluyamos de estos hechos, que cuando se tenga que comparar, en algunas combinaciones mecánicas, la resistencia del agua con el movimiento de un cuerpo que puede estar animado de dos velocidades diferentes, es necesario valuar la razon un poco mas alta, que la de los cuadrados de la velocidad, si son tales que el agua se aglomera en la parte anterior del cuerpo; y en razon de los cuadrados, si el nivel del agua se conserva, á pesar del movimiento de aquel.

»La resistencia del fluido no varía solamente con la velocidad del cuerpo en movimiento, sinó aun por la diferencia de formas de las superficies, permaneciendo la misma velocidad.

»Respecto de las superficies planas, pueden ser diferentes en ancho, ó diferir por la altura de su inmersion en el agua. En el caso en que son de anchos diferentes y están sumergidas á la misma altura, los esperimentos de *Bossut* han demostrado que la resistencia aumenta en una relacion un poco mayor que la que se debe á la de los anchos de las superficies: mientras mayor es la superficie, mas camino tiene que hacer el agua, que ella empuja delante de sí para huir lateralmente, y volver á tomar su nivel atras, lo que debe aumentar la resistencia en una proporcion un poco mayor que el aumento de ancho.

»Cuando, á iguales anchos, están sumergidas á diversas profundidades, parece que la resistencia es, al contrario, un poco inferior á la que se deduciría de la superficie sumergida; de donde se sigue que un cuerpo, enteramente sumergido en el agua, debe encontrar proporcionalmente ménos resistencia que un cuerpo flotante en la su-

perficie. Valdría pues mas, á superficies y á velocidades iguales, sumergir en el agua el cuerpo, que debe moverse en ella, que establecerlo en la superficie.

»Las variaciones de la resistencia efectiva que el agua opone al movimiento de las superficies angulares ó curvas, bajo la misma velocidad, presentan demasiadas anomalías ó irregularidades, para poderse determinar por una ley aplicable, como para las superficies planas, á los diversos casos que se pueden presentar. Es cierto que mientras mas inclinada es la superficie anterior del cuerpo, que se mueve en el agua, ménos resistencia presenta el fluido; las moléculas, que se presentan al paso del cuerpo, son chocadas oblicuamente, y resbalando con mas facilidad á lo largo del cuerpo, les es fácil huir rápidamente desde adelante hácia atras. Pero ¿hay algunas relaciones que considerar entre las variaciones de estas resistencias y las de los grados de inclinacion de dichas superficies? Esto es lo que no se puede afirmar, sin embargo de los esperimentos bastante numerosos de muchos observadores hábiles; pues sus resultados no van acordes con la ley de variaciones que se puede deducir del cálculo, sin esperimento directo y preliminar, y de algunas construcciones geométricas. Se puede ver esta teoría, puramente matemática, así como las hipótesis sobre que está fundada, en la Hidrodinámica de *Bossut*.

»Los hechos principales, que se han podido recoger sobre este asunto, se reducen á manifestar que es necesario inclinar lo mas posible la superficie anterior del cuerpo, á la direccion del movimiento, á fin de que, presentando un ángulo agudo, se abra mas fácilmente un paso en el agua; es necesario, en otros términos, que las superficies sean angulares, ó curvas, choquen lo mas oblicuamente posible á las moléculas de agua, y que por la forma de sus contornos, dejen á este líquido la mayor facilidad posible para escaparse lateralmente.

»Acabamos de ver en qué relaciones aproximativas era necesario valuar las resistencias del agua á los cuerpos que en ella tienen un movimiento de traslacion, segun las diferentes velocidades de este movimiento, y la estension de las superficies que se mueven, sea en profundidad, sea en ancho, é indicar de un modo general las formas, que, á superficies y á velocidades iguales, deben hallar la menor resistencia; pero no sabemos aun cuál es el valor de la resistencia para una superficie y una velocidad dadas, ó si se quiere, no conocemos aun el valor absoluto de la resistencia del agua, cuando se ejerce

perpendicular y directamente contra el plano anterior de un cuerpo que se mueve en ella; y esto es lo que ahora nos importa examinar.

»Pues que el número de moléculas de agua empujadas y desalojadas por el movimiento del cuerpo, es no solo proporcional á la estension de la superficie anterior de este, sinó tambien á su velocidad; y que con una velocidad doble, el cuerpo choca á un número doble de moléculas con un movimiento doble, lo que produce un efecto cuádruplo, y en razon del cuadrado de la velocidad; resulta que sabiendo por otra parte, que los cuadrados de las velocidades son como las alturas, se puede valuar de un modo bastante aproximado el valor absoluto de la resistencia que el agua opone al movimiento de una superficie plana que la choca directa y perpendicularmente, con tal que la superficie del agua sea mucho mas ancha que el cuerpo, *haciendo este valor igual al peso de una columna de agua, cuya base sea la superficie del plano anterior del cuerpo; y que tenga por altura, la altura debida á la velocidad del movimiento de este cuerpo.* Esta regla que da el razonamiento, y que parece confirmada por numerosos esperimentos, es aplicable á todos los casos de este género; solamente es necesario mirar en la práctica esta resistencia como un *mínimo* cuando son grandes las velocidades y anchas las superficies.

»Así, por ejemplo, si se hace mover en un gran depósito de agua, un cuerpo cuya parte anterior sea una superficie plana, de 100 pies cuadrados, con una velocidad de 10 pies por segundo, la resistencia que este cuerpo sufrirá, será igual al peso de una columna de agua de 100 pies cuadrados de base, y de una altura que sería aquella con la cual se obtendrían 10 pies de velocidad por segundo. Nosotros sabemos que para encontrar esta altura, es necesario dividir el cuadrado de esta velocidad, por el duplo de la fuerza de la gravedad, que, si es en Madrid, deberémos dividir este número 100 por 70,2, y obtendrémos 1,424 pies para dicha altura. Se multiplicarán pues 100 pies cuadrados de superficie, por 1,424 pies de altura, y resulta 142,4 pies cúbicos de agua, que representarán la medida de dicha columna; los cuales, á razon de 47 libras el pie cúbico equivalen al peso de 6692,8 libras. Se concluirá, pues, que la resistencia que sufre este cuerpo es igual á un peso de 6692,8 libras ó que la potencia de movimiento de este cuerpo será disminuida á lo ménos en 6692,8 libras al pasar por el agua.

25 »No debemos olvidar, que, en las observaciones precedentes, hemos supuesto que el cuerpo se movía en un canal ó un depósito

mucho mas ancho que él; si se moviese en un canal estrecho y poco profundo, la resistencia sería mayor, siguiendo sin embargo la ley de los cuadrados de las velocidades. *Bossut* que ha hecho sobre este punto muchos esperimentos con bateles de diversas formas, ha encontrado que la diferencia podrá ser muy considerable, segun el ancho y la profundidad de los canales, y la forma de los bateles. Él ha observado, que "en un canal estrecho, el fluido empujado por el » batel, huye ménos en parte delante de sí, y forma una corriente mas ó » ménos rápida segun que el batel se mueve con mas ó ménos velocidad. » Esta corriente debe tener lugar de un modo mas ó ménos señalado » en toda clase de canales estrechos. Porque si el batel llenase ente- » ramente el canal, él empujaría toda el agua delante de sí sobre » poco mas ó ménos del mismo modo que el émbolo de un cuerpo » de bomba arroja el agua que contiene: mas como hay siempre vacío » por los lados y por debajo del fondo del batel, una parte del flui- » do corre por este vacío, siendo rechazada la otra parte por el batel: » lo cual produce corrientes contrarias, que son susceptibles de mu- » chas variaciones, en razon de las diversas causas que propenden á » formarlas, y de la longitud del canal en que se verifica el movimiento. » Cuanto ménos facilidad tiene el agua para pasar de delante hácia » atras del batel, mas grande es la corriente contraria, y ménos sos- » tenido se halla el batel hácia la parte posterior, de donde resulta » un aumento de resistencia.

» Se ve por esto, añade *Bossut*, cuan esencial es dar á los canales de » navegacion el mayor ancho y profundidad que sea posible, sin empe- » ñarse sin embargo en un gasto supérfluo. Se debe pues evitar, á ménos » que no haya precision por circunstancias locales, estremamente raras, » el construir canales subterráneos; porque si se quiere dar á estos las » dimensiones convenientes, para establecer en ellos una navegacion » segura y cómoda, costarán frecuentemente sumas enormes, tanto » para la estraccion de las tierras, como para la construccion de las » bóvedas, que vienen á ser indispensablemente necesarias para sos- » tener el techo y las paredes de la escavacion. No se trata aquí de » proponerse la ridícula gloria de vencer dificultades: un canal es un » objeto de utilidad, y no un monumento de ostentacion. Si los gastos » para su construccion y conservacion son mayores que las ventajas » que se esperan, ninguna consideracion puede determinar á empren- » derle. Los canales á cielo descubierto merecen en general toda la » preferencia sobre los subterráneos. Es verdad, que por medio de es- » tos se puede algunas veces disminuir mucho la travesía ó el pasage

» de la navegacion; pero esta pretendida ventaja no es por lo regular » sinó una ilusion; porque el objeto que uno se propone, en el tras» porte de un barco, no es simplemente abreviar el espacio que debe » correr, sinó llegar de un punto á otro en el menor tiempo posible; » y la navegacion es incomparablemente mas fácil y mas pronta en » un canal á cielo descubierto que en un canal subterráneo. Añadamos » que el primero, si está bien entendido y adaptado al terreno, costa» rá ordinariamente mucho ménos que el segundo, á pesar de las di» ferencias que se pueden hallar en las longitudes de los dos canales."

26 "*¿Cuál es la accion del agua sobre los cuerpos inmobles que se le oponen, ó que están destinados á resistirla?*

» Se concibe, en virtud de lo que precede, que un cuerpo colocado para que permanezca en medio de una corriente, recibe de ella un choque proporcional á la velocidad de esta corriente, y á la estension de la superficie que baña el agua que se le opone. Puede suceder que el cuerpo solo intercepte una pequeña parte de la corriente; en cuyo caso, el agua que le choca, encuentra para escaparse, mas ó ménos facilidad por los dos lados. Todos están acordes casi generalmente, en establecer, que *el valor del impulso que recibe este cuerpo, es igual al peso de una columna de agua que tenga por base la superficie del cuerpo que la corriente choca directa y perpendicularmente; y por altura, la debida á la velocidad de la corriente.*

» Se ve que la medida es la misma, para el objeto de esta cuestion, que para el de la precedente, que es su inversa; porque en la una es el cuerpo el que se mueve en una masa líquida en reposo; en la otra, es un cuerpo en reposo el que se opone á una parte del agua en movimiento *.

* Nuestro célebre *don Jorge Juan* demuestra en el corolario 1.° de la proposicion 16 del libro 2.° de su *Exámen Marítimo Teórico-práctico*, que solo en el caso de moverse horizontalmente el fluido, es la misma la resistencia cuando el fluido se halla parado, y la superficie es la que se mueve, que cuando la superficie está parada, y el fluido es el que se mueve; que en los demas casos hay una diferencia sensible. Para hacer percibir el sólido fundamento con que este sabio Español establece la diferencia de ambos casos, bastará poner el principio de su demostracion, que es como sigue: "A primera vista se ofrece que siendo la accion y reaccion iguales, parece que para el efecto, lo mismo es que se mueva la superficie que el fluido, y que toda la diferencia consiste en suponer que la velocidad la tenga el fluido en direccion contraria: en efecto, si la gravitacion de las partículas del fluido fuera siempre perpendicular á la superficie de este, no se ofreciera duda en ello; pero no es así, en caso de moverse el fluido: su movimiento depende de su desnivelacion, y por consiguiente ya no es perpendicular á su superficie la direccion, segun la cual gravitan las partículas del fluido." Continúa luego descomponiendo

»En general, no se intercepta una pequeña parte de una corriente por el establecimiento de un cuerpo sobre un punto cualquiera de su ancho, sinó para defender contra la violencia de la corriente una parte de la orilla ó ribazo, y algunos edificios que puedan existir, ó para sostener un puente; ó tambien se intercepta por un edificio construido en el medio de una gran masa de agua en movimiento. En estas diversas circunstancias, la cuestion principal no es saber cual es el valor de la accion del agua contra una superficie dada, sinó indagar cual es la forma del cuerpo que presenta el menor obstáculo á la accion del agua, ó en otros términos, que, bajo un volúmen dado, reciba el menor impulso de ella.

»Se sabe que no es necesario construir este cuerpo, este machon ó pila de puente, ó este edificio, de modo que presente á la accion directa y perpendicular del movimiento de las aguas, superficies planas, que reciban el impulso del agua en toda su violencia; este impulso acabaría por alterar la solidez de la base del cuerpo, y podría originar su destruccion. Es pues en superficies oblícuas, sobre las que es necesario recibir el impulso de la corriente, para disminuir el choque. La esperiencia no ha hecho conocer todavía cual era, de todas las formas, la que convenía mejor, bajo todos los aspectos, al objeto propuesto.

»Hemos visto mas arriba que no se conocía exactamente el valor real del choque oblicuo para todos los casos que pueden presentarse. El cálculo indica bien la regla para obtenerle; pero solo debe considerarse, como dando una ligera aproximacion, cuando se comparan en general los resultados con la esperiencia. He aquí esta regla: *el choque de un fluido contra un plano situado oblicuamente, es, al choque contra el mismo plano directa y perpendicularmente opuesto á la corriente, como el cuadrado del seno del ángulo de incidencia es al cuadrado del radio* *.

---

la gravitacion vertical de las partículas del fluido en dos fuerzas, una perpendicular á la superficie del fluido y otra paralela: de las cuales esta se destruye, y solo queda la perpendicular á la superficie.

Otra verdad de mucha importancia que demostró este sabio Español en la espresada obra, es que la fuerza del agua corriente chocando á una superficie, dependía no solo de la magnitud del área ó superficie chocada, como hasta entónces se había creido, sinó tambien de su mayor profundidad en el fluido: de suerte, que puesta una superficie rectangular, con su lado mayor horizontal, padecía mucha ménos resistencia que puesto el propio lado vertical.

* En esto no están conformes los Autores. *Mr. Christiam* parece seguir la doctrina de *Belidor*, que no la juzgamos exacta; por lo cual nosotros

»Esta regla da resultados poco diferentes de los que suministra la esperiencia, cuando los ángulos de incidencia son entre 50 y 90 grados; en estos casos, el cálculo da un valor menor que la esperiencia, y tanto menor en virtud de la observacion de *Bossut*, cuanto los ángulos se alejan mas de 90 grados. Para los ángulos inferiores á 50 grados, la regla no puede ya servir. Se pueden mirar las superficies curvas como compuestas de una infinidad de pequeños planos inclinados los unos con relacion á los otros. El choque del agua es oblicuo á diferentes grados sobre estas superficies curvas, y varía para cada plano de que se supone formada cada pequeña parte curva. La esperiencia directa para cada forma da solo el valor real de este choque. Se ha encontrado que *el impulso contra una semi-circunferencia es los $\frac{2}{3}$ del que tendrá lugar contra el diámetro que fuese la base de esta semi-circunferencia*; y que la accion contra una semi-esfera solo es la *mitad* de la que se ejercería perpendicularmente contra uno de sus círculos máximos. De aquí resulta, que un cilindro, colocado en medio de un rio, solo tiene que sostener los $\frac{2}{3}$ de la accion que la corriente ejercería perpendicularmente sobre un plano que pasase por el eje del cilindro. Lo que esplica por qué se terminan las dos caras verticales de las pilas de puente, por semi-cilindros opuestos á la accion de la corriente.

»En cuanto á las torres ú otros edificios construidos en medio de los rios ó en las orillas del mar, se tiene cuidado de ensanchar mucho sus bases, no solamente para darles mas asiento, sinó aun para

---

demostrarémos § 187 de este mismo libro, que la resistencia que ofrecen los fluidos en el choque oblicuo sigue *la razon sencilla de los senos de los ángulos de incidencia*, y no de sus cuadrados; y la falta de conformidad de los esperimentos que mas abajo cita *Mr. Christiam* comprueba la teoría que espondrémos (§ 187). Los que deséen mayor cúmulo de razones para decidirse en favor de la razon sencilla de los senos de los ángulos de incidencia, y no por la de sus cuadrados, pueden consultar el prólogo del *Exámen Marítimo* que escribió el *Excelentísimo señor don Jorge Juan*, obra donde se presenta la teoría mas completa que hasta ahora ha existido, sobre la resistencia de los fluidos. En ella se demuestra: *que las resistencias son como las densidades de los fluidos, como las áreas chocadas, como las raices cuadradas de sus profundidades en los mismos, y como las simples velocidades y senos de incidencia en que se chocan.*

En punto á la razon sencilla de las velocidades, no convenimos con este sabio Español; pues segun lo que demostramos (§ 266 Mec. Práct.), y volvemos á demostrar en el § 182 de este mismo libro, se verifica mas bien que *las resistencias siguen la razon de los cuadrados de las velocidades.* Es sumamente sensible que el *Excelentísimo señor don Gabriel Ciscar*, que con tanta sabiduría, tino y acierto, comentó, ilustró y adicionó el primer libro del espresado Exámen Marítimo, no haya ejecutado lo mismo con el resto de una obra tan selecta.

presentar á la corriente ó á las olas, superficies inclinadas ó curvas, y disminuir el choque. El valor del impulso es mas considerable, cuando el cuerpo con sus dimensiones intercepta la mayor parte de la corriente, sea no dejando á esta sinó poca salida lateralmente, sea no dejándosela, sinó por la capa superior de la corriente, la cual pasa entónces por encima del cuerpo.

»En ambos casos, la accion del agua es mas poderosa; las moléculas se aglomeran contra el obstáculo, obran primero con su propia fuerza y vuelven á obrar despues por el impulso de las que afluyen; en atencion á que ellas no pueden escaparse con bastante velocidad por los puntos de paso que el cuerpo deja á la corriente. Algunos esperimentos parecen haber manifestado que el choque en estas circunstancias, y bajo ciertas condiciones, de que se tratará mas adelante, es sobre poco mas ó ménos *doble* del que tiene lugar cuando el agua puede escaparse, sin detenerse sobre el obstáculo. Así, suponiendo estos esperimentos exactos, el choque será igual al peso de una columna de agua, que tenga por base el plano contra el cual se verifica el choque directamente; y por altura, el duplo de la que es debida á la velocidad de la corriente. Por lo cual es indispensable dar una gran solidez al plano de la presa de un rio ó de un canal de reparto, de que se quiere tomar el agua en la superficie. El fluido no pudiendo escurrirse sinó por una lámina de poco espesor en su superficie, todo el plano de la presa recibe el choque directo de las aguas afluentes, que no se escapan sinó poco á poco. Entónces es cuando no hay ningun inconveniente en considerar la accion del agua contra el plano, como equivalente al peso de una columna fluida cuya base es igual á este plano y la altura doble de la que es debida á la velocidad.

27 »*¿Cuál es la accion del agua sobre los cuerpos que pueden ceder hasta un cierto punto á esta accion?*

»Esta cuestion, en cuanto al valor absoluto de la accion del agua, tiene muchas relaciones con la que se acaba de tratar; vamos á suponer aun en esta, que el cuerpo, presentado al impulso del agua, se resiste de todo punto; pero aquí por medio de una fuerza estraña, cuyo valor nos será conocido. Podrémos ponernos de este modo en estado de conocer las relaciones existentes entre la fuerza absoluta de impulsion contra el cuerpo mantenido en el estado de reposo, y la fuerza relativa, cuando el cuerpo viene á ceder mas ó ménos á la accion del agua.

»Solo cuando cede el cuerpo, de una manera regular, y en virtud

de las disposiciones especiales que se le han dado, es cuando la accion del agua toma el carácter de motor. En tanto que el cuerpo sometido á esta accion es inmoble, solo hay movimiento perdido, y no movimiento trasmitido, que es el solo que puede servir á las operaciones mecánicas de la industria.

»Mas si nosotros hemos esplorado todos los fenómenos de la accion del agua, aun en el primer caso, es porque no se debe despreciar, en el estudio de un motor, el conocimiento de los hechos, y de las cualidades materiales que ejercen un papel muchas veces importante en el servicio que está destinado á efectuar, en razon de las disposiciones que su establecimiento exige. Así, por ejemplo, para hacer obrar el agua, es necesario ordinariamente mudar su curso, detenerla sobre algunos puntos por obstáculos fijos ó inmobles; estrecharla para no gastar su fuerza sinó con economía y regularidad; es necesario, pues, proporcionar la solidez de los obstáculos, que se le oponen á la intensidad de su accion; y por consiguiente se necesita conocer esta, aun cuando se la destruye.

»Muchas razones nos han determinado á separar, en el exámen de la accion contra un cuerpo inmóvil, el caso en que este cuerpo está destinado á resistir mucho tiempo, de aquel en que el cuerpo solo resiste, por el auxilio de una fuerza estraña que puede ceder, sin que haga padecer á esta fuerza otra mudanza que la de disminuirla.

»En ambos casos el valor absoluto de la impulsion puede ser el mismo en circunstancias análogas; pero, en el primero, no se intenta conocer el impulso del agua, sinó para separarla ó para eludirle cuanto se pueda. En el segundo, al contrario, se buscan las disposiciones mas propias á recoger todo el efecto de este impulso. Estos diferentes aspectos, exigen necesariamente otra manera de estudiar el mismo fenómeno. Entra por otra parte en el exámen del impulso del agua sobre un cuerpo dispuesto para recibirla en toda su fuerza, una consideracion que el otro caso no necesita: es el rechazamiento de moléculas que se verifica cuando vienen á chocar, en los dos casos, el obstáculo inmoble. Pero, este rechazamiento, que, segun la violencia del choque, se estiende mas ó ménos á la parte anterior del cuerpo chocado, y en todos sentidos, aniquila una porcion del movimiento; de manera que si, por suposicion, el obstáculo se moviese, él no ocultaría en su seno toda la fuerza de que el agua estaba animada un instante ántes del choque; sinó dicha fuerza disminuida de la cantidad perdida en el rechazamiento inevitable y siempre renovado de las moléculas.

»Solo cuando está en reposo, es cuando debe estar construido con bastante solidez, ó mantenido por una fuerza suficiente, para resistir á la totalidad de la accion del agua, porque el rechazamiento de las moléculas no puede ser producido sinó por una potencia de reaccion igual al impulso del agua que ha hecho nacer, ó mas bien el obstáculo inmoble ejerce su reaccion con una fuerza igual á todas las que vienen á agotarse en él al chocarle.

»La cuestion presente nos conduce pues á distinguir la accion del agua contra un obstáculo inmoble, contra una pila ó machon de un puente, un dique, una compuerta &c., de la que tiene lugar contra un cuerpo que, hecho móvil, está destinado á trasmitir el movimiento que recibe. Allí, es el valor absoluto de la accion el que siempre debe considerarse; aquí es tambien este mismo valor; pero con todas las reducciones que sufre cuando el cuerpo viene á ceder, y con todas las modificaciones que nacen de la manera con que el cuerpo recibe el impulso, asi como de las formas que se pueden dar á este.

28 »Vamos á considerar esta materia con tanta mas atencion, cuanto es la base de todo lo que tenemos que decir sobre el empléo del agua como potencia mecánica. Muchos Autores han hecho esperimentos sobre la fuerza absoluta del impulso del agua, en la hipótesis en que esta cuestion nos coloca; examinemos primero los resultados mas notables.

»Para valuar esta fuerza, *Bossut* se ha servido de un depósito de agua; y resulta de sus esperimentos: 1.° que la fuerza impulsiva del agua, *en las circunstancias particulares en que se han hecho*, es igual al peso de una columna de agua que tuviese por base la porcion de superficie chocada que corresponde á la del orificio de salida, y por altura, cerca del doble de la que es *debida* á la velocidad del agua. 2.° Que si se comparan los resultados obtenidos, bajo una misma carga, con un tubo de 10 líneas de diámetro y con otro de 6 líneas, se ve que las fuerzas de impulsion guardan aproximadamente la razon de las superficies chocadas, y que se reputan corresponder á la superficie de cada abertura: con 10 líneas de diámetro de abertura, la fuerza ha sido de 12608 granos, y con 6 líneas de 4484 *granos*; y se ve que estos números son aproximadamente entre sí como los cuadrados de los diámetros de abertura, ó si se quiere como las áreas de estas aberturas. 3.° Que con cargas diferentes, la una de 4 pies y la otra de dos, con los mismos orificios, la fuerza impulsiva es aproximadamente como las alturas sobre los centros de percusion.

»En cuanto á la relacion de fuerza de impulso perpendicular y oblicuo, bajo un ángulo de 60 grados, se ve, por los resultados de estos esperimentos, que el primero es al segundo, bajo las mismas cargas y con los mismos orificios, sobre poco mas ó ménos como 100 es á 97; resultado muy diferente del que se obtendría por el cálculo, en virtud de la regla del seno de los ángulos de incidencia, de que hemos dicho algo arriba.

»La confianza que se debe tener en la habilidad del Autor de estos esperimentos no deja ninguna duda sobre la exactitud de los resultados que acabamos de referir: pero no perdamos de vista, así como lo hemos espresado mas arriba, que no es necesario considerarlos sinó como hechos particulares, como valores de la fuerza impulsiva del agua, dependientes de las circunstancias especiales en que estos esperimentos han tenido lugar; y que si estas circunstancias viniesen á mudar, los resultados no serían ya semejantes. Esto es tan verdadero, que *Bossut* mismo ha encontrado que la fuerza impulsiva del agua era mucho menor cuando la chapa, en vez de estar á *una pulgada* de distancia del orificio, la tocaba inmediatamente; el peso necesario para resistir á la fuerza impulsiva del agua no era ya igual, sinó al de una columna cuya base es la superficie chocada, y la altura la simple altura *debida* á la velocidad.

»Se debe presumir que si la chapa estuviese á 2, 3 ó 4 *pulgadas* del orificio de salida, los valores del impulso no variarían proporcionalmente á las alturas tomadas desde el nivel del agua en el depósito hasta el centro de impulsion; porque, á medida que se alejase la chapa, los filetes, de que se compone la vena fluida, llegarían divididos y á diversos grados de divergencia entre sí. Pero esto influiría tanto mas sobre los resultados, cuanto el agua se escaparía mas fácilmente despues del choque, y una porcion no chocaría sinó con oblicuidad.

»En los esperimentos de arriba, la columna de agua en el centro de impulso, debía ser sensiblemente cilíndrica, en atencion á la pequeña distancia de la chapa; y como el diámetro de esta columna no era á lo mas sinó el *tercio* ó el *quinto* del diámetro de esta chapa, los filetes de agua, llegando paralelamente entre sí y perpendicularmente al centro del impulso, debían romperse allí en ángulos rectos para escaparse, corriendo toda la superficie del cuerpo chocado, desde el centro hasta la circunferencia. Se comprende bien, que si la chapa hubiese estado á mayor distancia, la superficie efectiva del impulso, ó si se qniere la porcion del cuerpo encontrado por la co-

lumna ensanchada, hubiera sido mayor, y los filetes esparcidos, desparramados todo al rededor de la columna afluente, hubieran tenido ménos camino que hacer sobre la superficie para abandonarle despues del choque.

»Si el tubo adicional hubiese tenido el mismo diámetro que la chapa, es razonable pensar que el valor del impulso no hubiera sido en la misma proporcion que su diámetro, tomando por primer término de comparacion un esperimento con un orificio de 6 ó de 10 *líneas* de diámetro; porque los filetes fluidos, llegando paralelamente entre sí y viniendo á cubrir toda la superficie de la chapa, no habrían obrado del mismo modo que en los esperimentos de arriba. Todos los filetes que rodéan el centro de la columna estarían rechazados en el instante del choque, y aun puede ser que ántes, por los filetes correspondientes al centro de impulso. Estos, para escaparse, deben propender á ensanchar la base de la columna, y ofrecer á las moléculas esteriores que se suceden, una especie de plano inclinado que les hace traspasar las orillas de la chapa desviando su choque.

»Lo contrario debería suceder si la superficie de impulso fuese muy grande comparativamente al orificio del tubo de salida; las moléculas se aglomerarían sobre esta superficie ántes de abandonarla, y su peso se añadiría á la fuerza que hubiesen desplegado en el impulso. La forma de la chapa recurva, ó de *rebordes*, y presentando su concavidad al choque del agua, influiría mucho tambien sobre el valor de este, y lo que será verdadero para el impulso contra una superficie plana, no lo sería ya para una superficie de forma diferente.

»Pero el exámen mas prolijo no puede percibir el modo con que los filetes de agua se conducen, cuando vienen á perder el todo ó parte de su movimiento contra un cuerpo que se ha opuesto á su paso; hay entónces tal confusion de movimientos parciales, tal variedad de direcciones en todos estos movimientos, y tantas contrariedades en el desarrollo de la fuerza respectiva de cada filete, que no es posible ni asignarles su regla, ni suponerles una manera de obrar sobre poco mas ó ménos constante; sin separarse de lo que será, si se pretendiese pasar de un resultado obtenido, á otro que se quisiese obtener en circunstancias un poco diferentes.

»Corresponde, pues, aun á la esperiencia el valuar con alguna exactitud la fuerza impulsiva del agua en circunstancias dadas; aun mas, no se deben considerar los resultados que se obtienen de ella, sinó como aplicables á circunstancias semejantes ó análogas. Acabamos de ver, en los esperimentos de *Bossut*, cuanto varía el valor

del impulso, á medida que la chapa se aleja del orificio del tubo. Tampoco se pueden mirar, como lo hemos dicho mas arriba, los resultados de estos esperimentos, sinó como hechos particulares, dependientes de las circunstancias en que se han obtenido.

»Las opiniones de los Autores, que han hecho investigaciones, ó que han escrito sobre este punto, difieren mucho entre sí. Unos valúan en todos los casos la fuerza absoluta del impulso del agua por el peso de una columna, cuya altura es simplemente la *debida* á la velocidad del fluido. Si esta valuacion es el resultado de esperimentos bien hechos, sería necesario saber en qué circunstancias se han verificado; este valor, por lo demas, no puede ser verdadero sinó en algunos casos particulares.

29 »Los Autores estiman esta fuerza mucho mayor que el peso de una columna, cuya altura fuese doble de la que se deduciría de la velocidad. *Don Jorge Juan*, en su *Tratado de Mecánica aplicada á la construccion de los navíos* * refiere que habiendo espuesto perpendicularmente á la accion de una corriente, cuya velocidad era de 2 pies (ingleses) por segundo, una tabla que representa un paralelógramo rectángulo de un pie de ancho, ha sido necesario para sostenerla sumergida á *un* pie de profundidad, un peso de $15\frac{1}{2}$ libras (inglesas); y sumergido á 2 pies de profundidad, en una corriente de $\frac{4}{3}$ de *pie* de velocidad por segundo, ha sido necesario un peso de $26\frac{1}{4}$ libras.

»Para saber á que grado este Autor lleva la valuacion de la fuerza impulsiva de la corriente, calculemos esta por la regla de su doble altura: la altura debida á 2 *pies* de velocidad por segundo, es de cerca de 0,75 de pulgada ** inglesa, y la doble altura de 1,50 pulgadas. Pero, si multiplicamos este último número por la superficie chocada en el primer esperimento, que es 144 *pulgadas cuadradas*, encontramos una columna de agua equivalente á 216 *pulgadas cúbicas*; ó á un peso de cerca de $7\frac{3}{4}$ libras (peso inglés). En el segundo esperimento, la doble altura *debida* á 16 pulgadas de velocidad por segundo, es de cerca de $0,66\frac{2}{3}$ de pulgada, que multiplicando la superficie de 288 *pulgadas cuadradas*, daba cerca de 192 *pulgadas cúbicas*, que pesan poco mas ó ménos 7 libras.

---

* Véanse las páginas 270 y 271 del tomo primero del Exámen Marítimo.

** Don Jorge Juan no espresa donde hizo el esperimento; por lo cual, atendiendo á la variacion de la fuerza de la gravedad, este cálculo de *Mr. Christiam* no puede ser de todo punto exacto.

»He aquí resultados que dan diferencias bien grandes en la valuacion de la fuerza impulsiva del agua; el uno lleva sobre poco mas ó ménos al doble del impulso del agua, calculado por la doble altura; y el otro al cuádruplo, lo que es tanto mas sorprendente, cuando esta, en virtud de este mismo cálculo, debía dar un valor menor. Añadamos que sobre otro punto, no va conforme con los esperimentos de *Bossut*, relativos al movimiento de una superficie plana en el agua, y de los cuales resulta que la resistencia no crecía proporcionalmente á la profundidad de la inmersion. Por lo demas, *don Jorge Juan* no dice si la corriente, á la cual él ha espuesto la tabla rectangular de un pie de latitud, era mucho mas ancha, ó solo era sobre poco mas ó ménos tanto. El impulso sería muy diferente en los dos casos. Tampoco dice si la tabla era muy gruesa; si sus lados estaban bien lisos ó acepillados; si la superficie era bastante plana y lisa, cosas que pueden influir sobre el valor del impulso. Aun sería poco presumible que todas estas circunstancias, reunidas en favor de la fuerza impulsiva, pudiesen hacerla subir á tanto, si la valuacion por la doble altura se aleja poco de la verdad, como muchos Autores lo creen en virtud de sus propios esperimentos.

30 »*Mariotte* los ha hecho del mismo género que los de *don Jorge Juan*, y en circunstancias análogas: él ha espuesto á una corriente, cuya velocidad era de $3\frac{1}{4}$ pies por segundo, una tabla de *medio pie cuadrado*; no se ha necesitado mas que un peso de $3\frac{3}{4}$ libras para sostenerla; y solo un peso de 9 onzas para sostener la misma tabla contra una corriente de $1\frac{1}{4}$ pie de velocidad por segundo.

»Calculando por la doble altura, se hallaría un peso de cerca de $6\frac{1}{8}$ *libras* para el primer esperimento; y de cerca de 14 *onzas* para el segundo; lo que da un valor intermedio entre los resultados del cálculo por la simple y por la doble altura.

»Es necesario notar que los esperimentos de *Mariotte* se han hecho, el uno en medio de un rio, y el otro en su orilla; de manera, que el agua podía escaparse, despues del impulso, por los lados de la tabla, tanto mas fácilmente, cuanto el ancho del fluido era incomparablemente mayor; ademas, que dicha tabla cuadrada estaba sumergida 2 ó 3 *pulgadas* debajo de la superficie de la corriente. Sea de esto lo que quiera, los esperimentos de *don Jorge Juan* y de *Mariotte*, bien que hechos, á lo que parece, en circunstancias esencialmente análogas, presentan diferencias tales, que no se les pueden atribuir sinó graves errores de observacion por parte del uno ó del otro Autor.

»*Dubuat* ha espuesto al choque de una corriente, cuya velocidad

era de 36 *pulgadas* por segundo, una superficie delgada de un *pie* en cuadro, y ha encontrado que se necesitaba, para mantenerla en equilibrio con la corriente, un peso de $19\frac{1}{2}$ *libras*, número que tiene algunas onzas ménos que el dado por la regla de doble altura.

» *Bouguer* en su *Tratado del navío*, establece que el agua del mar, teniendo *un pie* de velocidad por segundo, hace contra una superficie plana de un *pie cuadrado*, un esfuerzo de 23 onzas, lo que es ménos de la doble altura; miéntras que en su obra *sobre la maniobra de los navíos*, da una tabla de los valores del choque del agua, movida con diferentes grados de velocidad, contra una superficie plana de *un pie* cuadrado, en la cual solo atribuye un peso de 19 *onzas* al choque del agua cuando tiene *un pie* de velocidad por segundo: valuaciones que, como se vé, no se conforman en las dos obras del mismo Autor.

» *Fabre* adopta enteramente las valuaciones de *Bossut* (Véase *Ensayo sobre la construccion de las máquinas hidráulicas*); y establece que si una corriente ancha de agua, con *un pie de velocidad* por segundo, choca perpendicularmente á una superficie inmóvil de un pie cuadrado, el choque equivale á $\frac{7}{6}$ *libras*; y que es doble ó de $\frac{7}{3}$ *libras*, si la corriente solo tiene el ancho de la superficie chocada, sobre poco mas ó ménos. El primer número corresponde á la simple altura, y el segundo á la doble altura. Funda todos sus cálculos sobre estas valuaciones, sin que parezca haberse asegurado de su exactitud por la esperiencia; y si se sustituyesen en los cálculos hidráulicos de Fabre los valores hallados por *don Jorge Juan*, se tendrían grandes diferencias en los resultados. Verémos despues lo que debemos pensar de estas valuaciones.

31 » Esta cuestion fundamental, que es tan simple, tan fácil en la apariencia de resolver por esperimentos directos, parece pues complicarse por una multitud de condiciones estremamente variables, que pueden intervenir segun el modo de hacer el esperimento. No se puede esplicar de otro modo la discordancia de los resultados obtenidos por los diversos Autores que se han ocupado de esta cuestion. Esperimentos bastante recientes que el caballero *José Morosi* ha presentado en una Memoria leida en el Instituto de Milan, que vamos á referir, segun se inserta en la *Biblioteca Universal*, parecen comprobar esta presuncion.

"Considerando la variedad de resultados obtenidos por Físicos » hábiles sobre la fuerza del choque del agua en movimiento, y » la diversidad de las máximas hidráulicas, que han deducido, el

»Autor de dicha Memoria fué conducido á pensar que dichos Fí»sicos no han seguido la misma ruta, ó que circunstancias, que »no se han considerado, tienen una grande influencia sobre los »fenómenos fundamentales de la Hidráulica *. Así dice él, uno »de los grandes Geómetras de nuestro tiempo, *Lagrange*, no ti»tubeaba en decir, que la teoría del choque de los fluidos pre»senta resultados tan diferentes como lo son entre sí las hipótesis »sobre que se funda; teoría que, decía *Lagrange*, no es aun »rigorosa; y no será todavía por largo tiempo sinó un objeto »de pura especulacion, porque no se conoce, ni se pueden de»terminar exactamente todos los movimientos que se verifican en »las partículas del fluido.

»Como está demostrado, añade, el caballero *Morosi*, que el »peso que representa la presion del agua, puede tambien espre»sar el choque de este mismo líquido, se ha imaginado deter»minarlo, haciendo llegar la vena fluida contra un platillo de ba»lanza y equilibrando su accion por medio de pesos.

»Pero este aparato puede dar resultados erróneos, sobre todo »si la vena proviene de una columna de agua de cierta altura; »no es propio para indicar las pequeñas variaciones que son efec»to de causas ignoradas; ademas, los brazos de la balanza son »siempre flexibles, y por poco que cedan y que el plano de im»pulso no esté espuesto perpendicularmente á la vena, el choque »se descompone, apareciendo menor de lo que es realmente; y si »se fundan sobre los resultados de este esperimento, teorías ge»nerales, que se apliquen á trabajos en grande, hay riesgo de »engañarse mucho.

»Existen causas de variacion, que se han escapado á los mas »hábiles: por ejemplo, las diversas dimensiones que se pueden dar »al plano del impulso. El sabio *Abate Zuliani* ha probado que »esta circunstancia hacía variar esencialmente los resultados; él »ha hecho ver que la diversidad misma de las materias, de que »el plano está formado, influía sobre la intensidad del choque,

* Esta es mi opinion; y yo sería de dictámen que estas circunstancias eran las que espresa don Jorge Juan, escepto en lo dicho (nota del § 26); y para responder á cuanto en contra de su teoría dicen algunos Autores, fundándose en esperimentos, basta repetir lo que el mismo *don Jorge Juan* pone en su prólogo, al hablar de los errores que se han erigido en principios, "parece que los cálculos no se han propuesto sinó para mares de delicias, no para las que pasan por encima de los navíos, que los inundan y los hacen perecer."

»así como las diversas distancias á que se le podrá colocar, y »en fin la longitud de los conductos y la forma de los orificios.

»*Mr. Morosi* añade á estas causas de variacion, la que pro»viene de las variedades de formas que se pueden dar al disco »contra el cual se ejerce el impulso. Se cree generalmente que las »moléculas acuosas comunican su movimiento á un cuerpo cual»quiera, chocándole una despues de otra, sin tocarse casi recí»procamente, ó comprimirse entre sí, ántes ó despues del cho»que. Pero el hecho, que vamos á esponer, manifestará que es»ta opinion no puede esplicar lo que se verifica en el choque, »segun las circunstancias.

»El Autor hizo construir un aparato compuesto de una balanza »de brazos iguales y de un depósito de 10 *pies* de elevacion, en »el cual podia mantener el agua á la misma altura, durante un »tiempo suficiente. Hizo descender perpendicularmente al fiel una »barra de fierro, unida á sus dos brazos por arbotantes. Fijó en el »estremo de este radio, el disco, plano ordinario contra el cual »debía chocar la vena fluida. En una de las caras del depósito y »hácia su base, hizo una abertura rectangular de 4 *pulgadas* de »lado, á la cual adaptó un conducto horizontal de forma pira»midal, que tenía por base la superficie de la abertura, y por »vértice, la seccion trasversal de una pulgada de lado. Se colocó »verticalmente el disco, que debía recibir el impulso, en frente de »este conducto, y á la distancia del orificio que correspondía al »*máximo* de contraccion de la vena fluida.

»Se llenó de agua el depósito y se le hizo comunicar con otro »que suministraba con que mantenerla, durante el esperimento, á »un nivel constante de 9 *pies* sobre el orificio, altura elegida para »procurar la velocidad de salida, y se principió el esperimento.

»Se vió que cuando el agua, saltando por el orificio, chocaba »bien perpendicularmente contra el disco fijo al brazo vertical de la »balanza, su impulso hacía equilibrio á un peso de 9 *libras*, 12 »*onzas* de Milan (1), suspendido al brazo horizontal del mismo »aparato. Esto era aproximadamente lo que indicaba la teoría co»munmente admitida. Se notaba ademas, que despues del choque, »el agua se movía, radiando paralelamente al plano del disco, »con una velocidad tal que se hubiera podido creer que el choque no

(1) La pequeña libra de Milan de 12 onzas, vale 0,327 quilógramas (0,71057 de libras esp.); la grande de 28 onzas 0,762 quilógramas (1,6558 libras españolas).

»le había quitado nada de su velocidad primitiva; porque si el cho-»que la hubiera destruido en todo ó en parte, el agua hubiera debi-»do caer recta hácia abajo, y no radiando en el plano vertical, »como lo hacía.

»*Mr. Morosi* concluye, pues, de esta observacion tan sencilla, que »si el movimiento, así dispuesto, hubiese podido acumularse en su »totalidad sobre el disco, hubiera obtenido mas efecto, y por consi-»guiente un impulso mayor que el indicado por la teoría, en la cual »no se ha tenido jamas en consideracion este resto de movimiento »que posée el agua, despues del choque. Pero ¿cómo obtener este »resultado por esperiencia? Le parecía, en virtud de las idéas reci-»bidas, que una porcion del choque primitivo sería disminuida ó »destruida, si oponía á esta agua un segundo obstáculo, y si le »obligaba á chocar en una direccion diferente de aquella segun la »cual el disco se podía mover.

»Queriendo indagar lo que sucedería en este caso, fijó al rededor »del disco un reborde de madera, que sobresalía respecto del plano »cerca de seis *líneas*, y sin mudar nada por otra parte ni al apara-»to, ni á su modo de proceder, repitió el esperimento.

»Él quedó muy sorprendido de ver que esta misma agua, cuyo »impulso en el primer caso apenas hacía equilibrio al peso de las 9 »libras, 12 onzas indicadas, sostenía 20 por esta adicion tan sim-»ple. Pudiendo apenas creer en la realidad del hecho, repitió muchas »veces el esperimento y siempre con el mismo resultado. Quiso com-»parar entre sí los dos procedimientos, haciendo variar las alturas »de caida y por consiguiente las velocidades del chorro; he aquí la »tabla de tres esperimentos hechos con este objeto.

»La superficie de la seccion trasversal de la vena fluida es de »una pulgada *cuadrada*.

Números de los esperimentos.	Altura de la columna de agua.	Peso sostenido por el disco sin rebordes.	Peso sostenido por el disco con rebordes.
1	6 pies	5 libras	11 libras
2	8	7	15
3	10	9	20

»Resulta de esta tabla que las alturas de caida, creciendo como »los números 6, 8 y 10, los pesos que hacen equilibrio al impulso »contra el disco sin reborde, son como los números 5, 7 y 9; y con »el reborde, como los números 11, 15 y 20,

»Así, admitiendo la opinion generalmente recibida, á saber: que »el choque del agua en movimiento ès en razon compuesta de las ba- »ses de las columnas y del doble de la altura de cada una, opinion »con la cual se conforma sobre poco mas ó ménos la primera série »de los pesos 5, 7 y 9, el efecto obtenido por la adicion de un sim- »ple reborde á este mismo disco es mas que doble del que indica la »relacion admitida; de donde el Autor concluye que el método em- »pleado por los Físicos para determinar, por esperiencia, las leyes »generales del choque del agua en movimiento, no es el mas conve- »niente para conseguir este objeto; porque solo pone en evidencia »una parte del efecto total que puede producir el fluido segun »las circunstancias.

32 »Para ensayar una esplicacion plausible de este fenómeno, ob- »serva: 1.° que una vena fluida rectangular, llegando perpendicular- »mente contra un plano, forma en él un prisma, cuyo vértice está »vuelto hácia el orificio de donde sale el chorro; 2.° que los lados »de este prisma se encurvan en lo interior, á medida que se apro- »ximan á su base.

»Supongamos, dice él, por un momento que el interior de este »prisma sea sólido. Es cierto que el agua, que resbalará por encima, »descompondrá su movimiento en razon de la curvatura de las ca- »ras, y que en consecuencia, el esfuerzo perpendicular de las mo- »léculas contra el plano, será disminuido á medida que la obli- »cuidad de los filetes del fluido venga á ser mayor.

»Veamos ahora lo que sucederá si fijamos al plano un reborde »que haga contornear la base del prisma. Todas las moléculas, que »vengan á chocar este reborde, serán retardadas en su movimiento; y »sosteniéndose las unas contra las otras, ejercerían de este modo »simultáneamente su efecto contra este reborde, y por consiguien- »te tambien contra el plano.

»Esto es sobre poco mas ó ménos como si se supusiese una sé- »rie de bolas que cayesen libremente en un canal recurvo por aba- »jo; la direccion vertical que les da la pesantez sería descompuesta »por efecto de la curvatuna; y si la primera encontrase un obs- »táculo invencible, todas las que le siguen, reposarían sobre ella; »y el fondo del canal sería rechazado simultáneamente por la su- »ma de su accion.

»Pero se preguntará puede ser, como sucede que los filetes de »agua compuestos de un número indiferente de moléculas muy es- »curridizas é independientes las unas de las otras, no se dispersan

»confusamente en el momento del contacto y no pierden así su fuerza.

»*Mr. Morosi* responde: 1.° que él no crée que estas moléculas »sean independientes, como lo afirman casi todos los físicos, sinó, »al contrario, que está persuadido que se hallan dotadas de una »fuerte cohesion recíproca; 2.° que la fuerza adquirida, que las lle»va contra el plano, las empuja á sostenerse recíprocamente, y for»ma de su conjunto como un sólido, en el instante que empléan en »correr el prisma curvilíneo en cuestion.

»Parece, pues, segun el Autor, que todo obstáculo que el agua »encuentra sobre el plano en su movimiento lateral, obstáculo con»tra el cual los filetes líquidos se apoyan como sobre una base, pue»de venir á ser la causa del fenómeno de que hablamos.

»Se formará una idéa clara de este género de efecto, si se su»pone que teniendo en la mano un hacecillo de varillas elásticas y »muy flexibles, se les empuja contra un plano bien pulimentado; »ellas lo chocan sin duda; pero divergiendo en el instante, y su »esfuerzo viniendo á ser por este medio en parte lateral, se per»derá una porcion de su fuerza de impulsion; si no obstante, al »resbalar por los estremos sobre el plano, ellas encuentran un obs»táculo, por ejemplo, un reborde, entónces este apoyo las hará »volver á obrar sobre el plano con su fuerza de impulsion casi entera.

»La misma consideracion puede esplicar, el porqué una vena »fluida ejerce, á igualdad de circunstancias, un impulso mas enér»gico, sobre un disco de fierro, que sobre uno de madera, así co»mo lo ha observado el Abate *Zuliani*, probablemente el agua »tiene mas afinidad de contacto con el fierro que con la madera; de »donde debe resultar que la primera capa de líquido estando mas rete»nida sobre el metal, obra como un obstáculo y ejerce reaccion so»bre las siguientes, á poco mas ó ménos, como lo haría un reborde.

»Se imaginará, puede ser, continúa *Mr. Morosi*, que el au»mento de la fuerza de impulsion, producida por la adicion del »reborde, proviene del peso del anillo líquido que este retiene. Pe»ro si se considera que, en todos los esperimentos, el disco siempre »se ha colocado verticalmente en frente de la vena fluida, se notará »que este anillo no ha podido producir efecto sensible.

»Para no dejár duda sobre este asunto, ensayó suprimir la par»te inferior de este reborde, la única que podía retener el agua, »despues del choque, y ha visto que el efecto permanecía el mismo »salvo la diminucion absoluta, que resulta de la sustraccion de una »parte de la circunferencia activa del esperimento."

"El aumento de impulso sobre una chapa guarnecida de rebordes, ha sido confirmada por *Morosi* mismo en el establecimiento de las ruedas de molino construidas bajo este principio. Las paletas de rebordes daban tal ventaja á la potencia del agua, que cuando por una circunstancia particular se vinieron á suprimir estos rebordes, las máquinas movidas precedentemente por el agua, quedaron inmóviles con paletas sin rebordes; el agua no tenía bastante potencia, ó mas bien perdía una gran porcion de ella.

» Es pues permitido creer, en virtud de estos últimos esperimentos, que la poca conformidad que reina entre los que se han hecho hasta ahora por diferentes Autores, proviene de circunstancias particulares que han despreciado, y cuya influencia no la han considerado probablemente tan grande.

» Hemos deseado consultar nosotros mismos la esperiencia para fijar nuestra opinion sobre el valor del impulso del agua, en diferentes casos aplicables al empléo ordinario de este fluido como motor; vamos á consignarlos en el capítulo siguiente."

33 En efecto, en el capítulo XXIII continúa *Mr. Christiam* el mismo asunto, *ocupándose de nuevos esperimentos*, cuyo objeto es *determinar el peso necesario para contrabalancear la fuerza impulsiva del agua, que obra contra una superficie de diferentes formas*, y dice así:

"Hemos visto, en el capítulo precedente, las anomalías que presentan los esperimentos de diversos Autores sobre la fuerza impulsiva del agua contra un plano inmóvil, ya por el modo con que han procedido en los esperimentos, ya por las formas que han dado á los planos destinados á recibir el impulso..

» Hemos podido juzgar cuantas disposiciones, en apariencia, insignificantes, mudaban los valores del choque, y desde entónces, cuan necesario es entrar en los mayores detalles sobre el modo con que se ha procedido en esta clase de esperimentos, para que se puedan repetir en circunstancias semejantes, ó á fin de ponerse en el camino de esplicar las diferencias que se podrían hallar entre los resultados obtenidos en un caso, y los que se hubieran encontrado en otro mas ó ménos análogo. Vamos, pues, á referir exactamente, como nos hémos conducido en los que hemos hecho sobre este importante objeto.

» Hubiéramos tenido que hacer sin duda una gran variedad de esperimentos, si hubiésemos querido examinar el fenómeno del impulso bajo todas las disposiciones que se pueden imaginar, y dar

al fluido chocante y al cuerpo chocado; pero, una serie de investigaciones de esta naturaleza no nos ha parecido tan útil como hubiera podido ser estensa, y susceptible de variaciones estremamente minuciosas; y así, hemos preferido fijarnos esclusivamente en considerar el fenómeno en las circunstancias mas ordinarias de la práctica.

»Hemos, pues, tomado una corriente de agua, tal como sería la de un rio ó de un *canalizo* *, y en cuanto al plano, nos hemos limitado á darle las formas que se podrían adoptar para las paletas de una rueda hidráulica ordinaria.

34 »He aquí como hemos formado la corriente. La caja *A* (fig. 3 lám. 1.ª) tiene 130 decímetros cuadrados (167 pies cuadrados esp.) de base, y un metro (3,5889 pies esp.) de altura; está unida á la caja *B*, con la cual se comunica por una abertura rectangular *o* de 80 centímetros (2,871 pies esp.) de ancho, y de 33 centímetros (1,184 pies esp.) de alto. La caja *B* lleva una salida *D* de 10 centímetros (0,36 de pie esp.) de altura, y de 20 centímetros de ancho; el canal *CC*, de 7 metros (25,1223 pies esp.) de longitud, tiene el mismo ancho y altura que la salida *D*, á la cual está unido, y del que es su prolongacion horizontal. La superficie interior de este canal es muy lisa. El cuerpo flotante *F* que se hace mover con el torno *T* se halla destinado á conservar el nivel durante el desagüe; una espiga *n* dividida, sirve de guia al que dirige su movimiento.

»Los diversos planos ó paletas, sometidas al esperimento, se han fijado sucesivamente en la parte inferior de una regla de madera que lleva en el punto *L*, medio de su longitud, un eje sobre el cual ella puede oscilar, y en su parte superior, una pequeña cuerda bien

---

* Los Franceses designan bajo el nombre de *coursier* á todo canal estrecho por donde pasa el agua, y entre sus paredes se coloca una rueda hidráulica. En los diccionarios franceses y españoles, no se pone correspondencia de esta palabra con las españolas, que convenga con la idéa que se quiere espresar. *Don Benito Bails*, á quien se debe respetar y seguir en punto á lenguage, traduce la palabra *coursier* de *Bossut* pág. 420 del segundo tomo de su *Hidrodinámica*, simplemente por *canal*, segun se ve en el tomo de Hidrodinámica de *Bails*, pág. 523. Pero como la palabra *canal* tiene ya una acepcion determinada, nosotros en un principio, quisimos espresar esta idéa con la de *canal pequeño*; mas como en el lenguage usual, así como en el científico, es ventajoso espresar con palabras unívocas las idéas que se presentan con frecuencia, nosotros, siguiendo el giro de nuestra lengua, espresarémos la idéa que lleva en frances la palabra *coursier*, por *canalizo*; entendiendo por ella *un canal estrecho, que no tiene mas ancho que el correspondiente para comprender una rueda*; pues es la palabra española que espresa la idéa mas análoga.

flexible, que pasa por una poléa, y que tiene sujeto el otro estremo al platillo de balanza destinado para recibir las pesas.

»Se ha determinado la velocidad de la corriente de dos modos distintos: primero con un molinete de hoja de lata de dos metros justos de circunferencia (7,18 pies esp.), y despues con pequeñas rodajas de madera de pinabete, de 5 milímetros (0,018 de pie esp.) de espesor, y lastradas, de modo que se sumergiesen casi enteramente en el agua. La velocidad se ha tomado en el medio de la longitud del canal por el molinete, y no se ha principiado á contar sinó despues de tres revoluciones completas.

»Para encontrar la velocidad por los cuerpos ligeros, se han dividido las orillas del canal en decímetros, y no se ha contado sinó cuando el cuerpo ligero se ha presentado á un metro de distancia del punto en que se ha colocado en la corriente. Se ha reconocido por los dos medios, que la velocidad sensiblemente uniforme de la corriente, era de un metro (3,59 pies esp.) por segundo; las dos indicaciones se han conformado en cerca de $\frac{1}{100}$.

»Es bueno observar aquí, que habiendo hecho un gran número de esperimentos, de que se tratará despues, con estas cajas y este cuerpo flotante, se había llegado á mantener el nivel del agua durante el desagüe, con tanta exactitud como parece posible en investigaciones de esta naturaleza. Estando todo así dispuesto, se ha fijado por la parte inferior de la varilla, ó regla, un plano formado de una hoja de cobre delgada, de un decímetro cuadrado de superficie. Este plano tocaba casi el fondo del canal, y se presentaba á la accion directa y perpendicular de la corriente.

»No se soltaba el agua sinó cuando el plano estaba colocado en la posicion conveniente. Para estimar con la posible precision el valor del impulso, he aquí cómo se ha procedido.

»La pequeña cuerda estaba unida á la varilla ó regla, de modo que era necesario conducir con la mano el plano en la línea perpendicular á la corriente; entónces el platillo se levantaba sobre su apoyo cerca de un centrímetro (0,036 de pie esp.); se sostenía así con un dedo la varilla ó regla en equilibrio con pesos hasta la llegada del agua; si las pesas eran pocas, la varilla abandonaba el dedo, y el platillo era conducido; si eran muy fuertes, al instante que se abandonaba la varilla, el platillo volvia á caer. Se aumentaban ó disminuían las pesas hasta que mantenían el equilibrio del mismo modo que se conseguía con la mano, y se tenía de este modo el valor exacto del impulso.

»Se ha encontrado que, con el plano espresado ántes, era necesario un peso de 500 gramas (1 libra esp.) para tenerle en equilibrio contra el impulso; lo que, añadido á 75 gramas (3 onzas esp.), que pesan los platillos, y la porcion de cuerda, comprendida desde la poléa hasta el platillo, da un valor de 575 gramas (1,25 libras esp.) para el peso que debe representar la accion del agua sobre el plano. Este recibía el impulso en toda su altura, y el agua se salía por las orillas del canal en el acto del choque, porque estaba rechazada por el plano, cuya altura era igual á la del canal.

»Se notaba un fenómeno curioso: aunque el plano solo ocupaba la mitad del ancho del canal, y había por consiguiente, de cada lado del plano, 5 centímetros de intérvalo libre, se veía el agua levantarse de algun modo como un muro líquido, á los dos lados del plano, como si hubiese estado allí detenida por un obstáculo sólido: la proa líquida semicircular, que se presentaba delante del plano, parecia dar lugar á este efecto, y rechazar contínuamente las moléculas que propendían á escaparse por los lados.

»Se sustituyó á este plano otro de la misma superficie, que llevaba en su parte inferior un reborde de un centímetro (0,036 de pie esp.), opuesto á la corriente. Este reborde no tuvo ninguna influencia perceptible sobre el valor del impulso; porque se puso este plano en equilibrio con 575 gramas (1,25 libras esp.) comprendiendo en ellas el platillo, como precedentemente.

»Mas con un plano de igual superficie, que llevaba dos rebordes laterales de un centímetro (0,036 de pie esp.), y perpendiculares á la corriente, ha sido necesario para el equilibrio, un peso de 625 gramas (1,358 libras esp.), comprendiendo en ellas el platillo.

»Se ha sometido al esperimento otro plano semejante; pero con cuatro rebordes, es decir, que estaba rodeado de rebordes de un centímetro: el valor del impulso ha sido el mismo que ántes; un peso de 625 gramas, comprendido todo lo ha contrabalanceado.

»De donde parece que se puede concluir, que los rebordes horizontales, inferior y superior, no añaden nada, al ménos sensiblemente, al valor del choque, y que los rebordes laterales son únicamente los que le aumentan.

»Una paleta cóncava, de la misma superficie que todos los otros planos, se ha espuesto despues al impulso de la corriente: el peso necesario para el equilibrio no ha sido sinó de 605 gramas (1,118 libras esp.) comprendiendo el platillo. Esta forma ha presentado pues ménos ventajas que la paleta de rebordes laterales.

»En fin, se ha ensayado el impulso contra un plano, hecho de madera de pinabete de 5 centímetros de grueso (2 pulgadas esp.); y así como los otros, de un decímetro cuadrado de superficie (15,456 pulg. esp.); el peso necesario al equilibrio, ha sido, con el platillo, de 595 gramas (1,29 libras esp.). Parece que el grueso del plano ha contribuido á aumentar el impulso. Esto es, por lo demas, lo que podíamos prever, segun lo que se ha dicho en los capítulos precedentes.

35 »Hemos querido comparar el impulso oblícuo al impulso directo y perpendicular; para esto, se han preparado cuñas de madera, que han resbalado sucesivamente entre la varilla y los planos flexibles de cobre, para dar á estos una inclinacion determinada.

»No se ha hecho uso sinó de la paleta plana de cobre del primer esperimento, y de la paleta con dos rebordes laterales. Con la paleta plana, y á 10 grados de inclinacion sobre la varilla, el impulso ha sido de 525 gramas *; á 20 grados, de 475; á 30 grados, de 425; y á 40 grados, de 375.

»Con la paleta de rebordes, á 10 grados, el impulso ha sido de 575 gramas; á 20 grados, de 525; á 30 grados, de 473; en fin, á 40 grados, de 425.

»Notemos que estos diferentes grados de inclinacion, así como el modo de disponer cada paleta para darle estas inclinaciones, representaban exactamente la posicion de las paletas de una rueda, que, delante de su diámetro vertical, parecen estar asidas en una corriente un poco inclinada.

36 »Los esperimentos anteriores se han hecho, como se ve, en un canal, cuyo ancho es duplo del que tiene el plano destinado á recibir el impulso; no nos atreveríamos á afirmar que se obtendrían exactamente los mismos resultados en un canal de un ancho diez ó doce veces mayor que el del plano. Puede suceder que la especie de dificultad que tenía el agua en pasar por el intérvalo de 5 centímetros, que se hallaba á los dos lados del plano, haya influido sobre el valor del impulso: y que si hubiese mas espacio, el agua se escaparía mas fácilmente dando un impulso distinto. Este es un esperimento que no hemos podido tener ocasion de hacer convenientemente, y que importaría intentar con el mismo género de paletas que aquel de que nos hemos servido, á fin de poder señalar las diferencias, si las hay: es de presumir que se hallarían tambien diferencias, en el caso en que la cor-

* No reducimos estos resultados á pesas españolas, porque aquí lo que interesa es la relacion que tienen, la cual no varía, cualquiera que sea el peso y medida en que se esprese.

riente, mucho mas profunda que la altura del plano, tuviese facilidad el agua para escaparse por debajo.

37 »Hemos hecho, con el aparato de arriba, otra serie de esperimentos, sirviéndonos de paletas semejantes á las precedentes; solamente tenían cada una cerca de *dos decímetros* de ancho, que interceptaban toda el agua de la corriente, es decir, que entraban casi rozando en lo interior del canal, pero sin carecer de juego.

»He aquí los resultados de estos esperimentos: 1.° con una paleta plana de cobre, de 2 decímetros de ancho y uno de altura, el impulso ha sido 1,305 quilógramas; 2.° con una paleta que llevaba un solo reborde inferior de un centímetro, el impulso ha sido de 1,305 quilógramas; 3.° con una paleta de dos rebordes laterales, y paralelos como ántes, á las paredes del canal, ó si se quiere perpendiculares á la corriente, el impulso ha sido de 1,465 quilógramas; 4.° con una paleta rodeada de rebordes, el impulso ha sido de 1,465 quilógramas; 5.° con una paleta cóncava, el impulso ha sido de 1,435 quilógramas; 6.° en fin, con una paleta de madera de igual superficie y de 5 centímetros de grueso, el impulso ha sido de 1,425 quilógramas.

»La tabla siguiente manifiesta el conjunto de estos esperimentos.

ACCION DIRECTA Y PERPENDICULAR DE LA CORRIENTE.			ACCION OBLICUA DE LA CORRIENTE.		
Forma de las paletas.	Valor del impulso sobre un decímetro cuadrado de superficie	Valor del impulso sobre un decímetro de altura y dos de ancho.	Forma de las paletas.	Inclinacion.	Valor del impulso sobre un decímetro cuadrado de superficie.
	Gramas.	quilógramas.		Grados.	Grama.
Paleta plana de cobre delgada....	575	1,305	Paleta plana delgada de cobre.... ...	10 20 30 40	525 475 425 375
Paleta con un reborde inferior.....	575	1,305			
Paleta con dos rebordes laterales	625	1,465			
Paleta con cuatro rebordes......	625	1,465			
Paleta cóncava.........	605	1,435	Paleta con dos rebordes laterales. ..	10 20 30 40	575 525 475 425
Paleta de madera de 5 centímetros de espesor.	595	1,425			

»Los esperimentos, que acabamos de referir, sobre el impulso de una corriente contra un plano sostenido en equilibrio por pesas, se han hecho á la verdad, sobre una pequeña escala; pero en compensacion, podemos asegurar que han sido ejecutados con el mayor esmero; y como se han verificado en las circunstancias mas ordinarias de la práctica, pensamos que no se alejaría mucho de la verdad tomándolos por base de cálculo en las construcciones en grande.

»Por lo demas, nos es permitido concluir, en virtud de estos esperimentos, que se obtiene mas potencia mecánica de una corriente, cuando se recibe su accion sobre paletas ó alas que llevan dos rebordes laterales y paralelos á las paredes del canal ó canalizo.

»El efecto de los rebordes, que *Mr. Morosi*, como hemos visto en el capítulo precedente, ha observado primero, nos parece poderse esplicar como lo ha hecho el mismo Autor. No hemos encontrado la misma diferencia que *Mr. Morosi* entre el impulso contra una superficie plana y el verificado contra un plano de rebordes; esto procede verosímilmente de la desemejanza en las maneras de operar; y en las disposiciones de los esperimentos *Mr. Morosi* recibía inmediatamente el impulso del fluido, al salir por un conducto de forma piramidal, que tenía por base la superficie de la abertura, que era un rectángulo de 4 *pulgadas* de lado, y por vértice la seccion trasversal de una pulgada de lado. No sabemos cual era la magnitud de la superficie del plano ó disco, de que se ha servido; pero se puede presumir, en virtud de los detalles en que ha entrado, que este plano era mayor que el área del orificio de salida. En nuestros esperimentos, al contrario, las paletas estaban sumergidas, durante el impulso, en una corriente animada de una velocidad uniforme, y sus superficies enteras estaban directamente espuestas á todos los filetes de agua, á que cada punto de la superficie del plano correspondía. Esta diferencia de accion puede muy bien originar algunas diferencias notables en los resultados.

»Sea de esto lo que quiera, parece cierto, que siempre que se desée trasmitir movimiento por impulso del agua sobre superficies, las planas con dos rebordes laterales son las que darán lugar á la trasmision de la mayor cantidad de movimiento.

»Resulta igualmente de nuestros esperimentos, que el grueso de las paletas ó alas, contribuye tambien á aumentar la fuerza de impulso, sin producir sin embargo tanto efecto como los rebordes laterales.

38 »Si se quieren comparar, ahora, las opiniones de los diversos Autores, de que hemos hecho mencion en el capítulo precedente, con

la que se podría formar en virtud de nuestros esperimentos, nos admirarémos de su discordancia; y si se admite que todos los esperimentos sobre que se fundan, estaban hechos con la exactitud requerida, no se podrá ménos de inferir que una multitud de circunstancias, puede ser hasta ahora inapercibidas, tienen mas influencia de lo que se crée sobre el valor del impulso *.

»En virtud de nuestros esperimentos, el impulso directo y perpendicular sobre una superficie plana, que tenga la mitad del ancho de la corriente, equivale al peso de un prisma de agua, cuya base es la superficie chocada, y su altura la simplemente debida á la velocidad, mas los $\frac{15}{100}$ cerca de esta altura; y contra un plano sobre poco mas ó ménos del ancho del canalizo ó del canal, es equivalente al peso de un prisma de agua, que tiene por base la superficie chocada, y por altura la simple altura debida á la velocidad, mas los $\frac{30}{100}$ de esta altura.

»Se notará que el impulso de estos dos casos difiere solo en $\frac{15}{100}$; pero acordémonos de lo que hemos dicho sobre la dificultad que el agua tenía en escaparse por los pequeños intérvalos que resultaban á los dos lados del plano en el primer esperimento: sería posible que la diferencia hubiera resultado mayor, si el canal hubiera sido mucho mas ancho que el plano, en dicho primer esperimento.

»Vemos tambien que el impulso contra un plano, de la mitad del ancho de la corriente y con dos rebordes laterales, es equivalente al peso de un prisma de agua, cuya base es la superficie chocada, y su altura la simple altura debida á la velocidad, mas cerca de la cuarta parte de esta altura; y contra un plano semejante, del ancho del canal, que es equivalente al peso de un prisma de agua, cuya base es la superficie chocada, y su altura la simple altura *debida* á la velocidad, mas la mitad cerca de esta altura.

»Estos resultados, siendo muy inferiores á los dados por la mayor parte de los Autores que han hecho investigaciones sobre esta materia, nos han obligado á poner en los nuestros un cuidado muy particular: cada esperimento ha sido repetido muchas veces, y ademas, hemos encargado á muchas personas que los repitan en nuestra ausencia; y se han obtenido los mismos resultados. A pesar de nuestra

* Repetimos nuestra opinion manifestada en la nota del (§ 31); y añadirémos ademas que las circunstancias que no se han tenido en consideracion, y que es de la mayor importancia, segun lo que hemos manifestado (§§ 94 al 100 del libro 2.° y § 13 del libro 3.°) son el no haber atendido á la variacion de la fuerza de la gravedad, á la temperatura del agua, que influye en su peso, y en efecto á lo que dice *Mr. Christiam.*

confianza en la habilidad de los que nos han precedido en estas investigaciones, nos hemos decidido por lo que nos ha parecido de toda evidencia en los hechos que hemos observado.

»Creémos, sin embargo, que en algunas circunstancias, el valor del impulso puede ser mayor; pero no podemos disimular que nos es imposible concebir cómo *don Jorge Juan* ha obtenido resultados tan estraordinarios, esponiendo simplemente á la corriente un paralelógramo de madera sobre poco mas ó ménos como nosotros lo hemos hecho *.

»Puede suceder que con una corriente de mayor velocidad que la de que nos hemos servido, el impulso crezca mas que en la razon de las velocidades; nosotros no hemos tenido aun ocasion de hacer la esperiencia. Sea de esto lo que quiera, sirviéndose de muchas valuaciones en casos en que se tuviese que trasmitir el movimiento del agua comunicado por impulso, estará uno seguro, al ménos, de no estimar demasiado alto la potencia mecánica, de que se quiera uno servir: pues que el valor, que hemos hallado, es un *mínimo* con relacion á las principales valuaciones que hemos hecho conocer en el capítulo precedente.

»Verémos en el que sigue, que la medida del impulso parece deber mudar, cuando muchas paletas obran á un mismo tiempo."

39 En el capítulo XXIV trata *Mr. Christiam* de la accion impulsiva del agua contra planos que ceden mas ó ménos á su accion. Al esponer su doctrina, se refiere varias veces á lo que da el nombre de *atlas*, que es el tomo separado de láminas, diferentes de las que tiene la obra misma. Y aunque la esplicacion de dichas láminas la pone al fin del tomo 1.° juzgamos que, para mayor claridad, no será inoportuno el que intercalemos aquí dicha esplicacion, que es como sigue **.

Modos de aplicar la fuerza del agua.

Pág. 486 "*Máquina de columna de agua de simple efecto* (Es la que representamos fig. 5 lám. 2). *A* es un tubo de fundicion de fierro, por el cual obra la fuerza motriz; *B*, es un tubo lateral de comunicacion; *b*, caja con estopas, para dar paso á la espiga ó vara larga *c*, sin dejar salida al agua; *d*, pequeño émbolo que, cuando

* Repetimos lo dicho en las notas anteriores.

** Al colocar las figuras en nuestras láminas, hemos procurado reducirlas y acomodarlas del mejor modo posible, á fin de conciliar claridad y exactitud con la economía que es tan importante.

cierra la comunicacion de la columna motriz con el cuerpo de bomba, permite al agua, de que se llena el cuerpo de bomba despues de la accion, salirse por la abertura *e*; *C*, cuerpo de bomba (donde obra el émbolo-motor *D*); *E*, espiga y contrapeso del émbolo; *F*, doble cadena fija al arco del balancin *G* y á la espiga ó vara larga del émbolo-motor; *H*, espiga en movimiento de vaiven rectilíneo en una bomba de agotamiento, como resultado de la accion primitiva del agua haciendo veces de motor.

Esta máquina se halla representada en el momento en que la columna motriz ha elevado el émbolo hasta lo alto de su carrera; se ve que el balancin, por la posicion que tiene, ha levantado la espiga *c* y trasladado el pequeño émbolo *d* al punto de cerrar la comunicacion entre la columna motriz y el cuerpo de bomba, y de dejar abierta la salida *e* por la cual se ve salir el agua. El émbolo *D*, no estando ya sostenido, el contrapeso *E* le hace descender, llevando consigo el balancin; lo que traspasa el pequeño émbolo *d* al punto *e*; entónces la comunicacion entre la columna motriz y el cuerpo de bomba se vuelve á abrir, cerrándose la abertura *e*. Una llave ó grifon *I* suspende enteramente cuando se quiere, la accion de la máquina.

Máquina de columna de agua, llamada de doble efecto. (La representamos fig. 6 lámina 2). *A* es un tubo de fundicion de fierro que conduce la columna motriz; *B*, *B'*, son tubos laterales por los que obra la fuerza motriz, ya *bajo* el émbolo, ya *encima*; *C*, cuerpo de bomba; *D*, émbolo-motor; *E*, caja con estopas, con el fin de impedir la salida del agua; *e* tubo de descarga del agua, despues de la accion, sea que haya operado *encima ó debajo* del émbolo; *H*, espiga ó vara larga en movimiento de vaiven rectilíneo, en un cuerpo de bomba, como resultado útil de la máquina.

El regulador que tiene por objeto dirigir la accion de la columna motriz, alternativamente *encima y debajo* del émbolo, y de abrir ó cerrar la comunicacion entre el tubo de descarga *e*, y la parte *superior ó inferior* del émbolo, se compone de las piezas siguientes: 1.° de una espiga *h*, que lleva tres pequeños émbolos *a*, *b*, *c*, de que los dos primeros obran en un tubo *I*, paralelo al cuerpo de bomba *C*, y el tercero en un pequeño cuerpo de bomba *K*, aplicado sobre el tubo *I*; 2.° de una llave ó grifon *l*, que segun su posicion, hace comunicar la parte *superior ó inferior* del pequeño émbolo *c*, en el cuerpo de bomba *K*, con la columna motriz, por el pequeño tubo de accion *d*, al mismo tiempo que proporciona una abertura de descarga, por el tubo *f* para el agua que se

halla *encima ó debajo* del pequeño émbolo *c*; 3.º en fin de una varilla pequeña de fierro *i*, con articulacion ó movimiento en el vértice de la espiga del émbolo, que hace mover la llave.

»Se representa la máquina en el momento en que se levanta el émbolo-motor, obrando la columna motriz por *debajo* de este émbolo. Se ve pues, 1.º que el pequeño émbolo *a* da paso al agua por el tubo lateral inferior *B*; 2.º que el pequeño émbolo *b* cierra la comunicacion del tubo superior lateral *B'*, y permite al mismo tiempo al agua, que está *encima* del émbolo-motor, salirse por el tubo *e* de descarga; 3.º que el émbolo *c* permanece en posicion fija, porque su parte *inferior* se comunica con la columna motriz en virtud de la situacion de la llave, mientras que el agua, que está *encima*, se escapa por el tubo *f*.

»Supongamos ahora que el émbolo-motor *D* llegue á lo alto de su curso; el vértice de su espiga se traslada al punto *o*, y la llave gira y toma la posicion representada por *X* en la misma figura. Qué sucede entonces? Se nota, por las trazas que deja ver el cuerpo de llave *X*, que la columna motriz está en comunicacion, por medio del tubo de union *d*, con la parte superior del pequeño émbolo *c*; este desciende por la accion del agua y conduce el pequeño émbolo *b* á *m*, y el pequeño émbolo *a* á *n*; la comunicacion se halla pues restablecida entre la columna motriz y la parte *superior* del émbolo-motor *D*, por el tubo lateral *B'*, mientras que el agua, que está *debajo* del émbolo, se puede escapar por el tubo de descarga *e*, y que la comunicacion con el tubo lateral inferior *B* está cerrada por el pequeño émbolo *a*. Esta operacion del regulador, se repite, ya en un sentido, ya en otro, cuando la espiga del émbolo-motor ha vuelto la llave á derecha ó izquierda, y que está en lo alto ó en lo bajo de su carrera. Así es como se produce el movimiento primitivo rectilíneo de vaiven.

»*Balanza hidráulica.* (La que representamos fig. 7 lám. 2). *AA'* es un depósito de agua afluente y de altura constante; *a*, *a'* compuertas con sus espigas y sus palancas *b*, *b'*; *B*, *B'* cubas con válvulas de espigas *e*, *e'*: estas cubas están fijas, como los platillos de una balanza, al fiel ó balancin *C*. *D*, es un bastidor ó armazon sobre que oscila el balancin; *E*, *E'* espigas en movimiento alternativo, que representan el efecto inmediato de este modo de aplicar la fuerza del agua.

»La máquina se representa en el momento en que la cuba *B*, llena, ha llegado al punto mas bajo de su carrera, mientras que la cuba *B'* ha sido conducida por este movimiento al depósito *A'*; se ve el

punto de toque v', enganchar la palanca de la compuerta a' y abrirla. El agua llena esta cuba B', mientras que la que está contenida en la otra cuba B sale por la válvula e, que se ve levantada, y viene á tropezar contra el suelo. En el instante que la cuba B' esté llena, y vacía la B, descenderá la primera, abandonando la palanca de la compuerta que se cerrará, y la cuba B volverá á subir y levantará la compuerta con su punto de toque v.

»*Palanca hidráulica de Aldini.* (La representamos fig. 8 lám. 2). A es un depósito de agua afluente; a válvula que abre ó cierra el paso al agua del depósito; B, B' palancas que se mueven sobre los puntos de apoyo b, b'; están unidas por la varilla c con articulacion en e y e'. Estas palancas se hallan terminadas, en un lado, por unas cajas C, C' en forma de bieldo; y en el otro, por contrapesos D, D'. La caja C de la palanca B lleva perpendicularmente una clavija o, cuyo destino es abrir la válvula, en la posicion representada por la figura. Esta caja, cuando está llena, desciende y cierra la válvula; la caja C' se acerca por el efecto de la varilla c, á la caja C, como indican las líneas de puntos: ella derrama el agua que contiene en esta, que vuelve á bajar haciendo remontar la otra en la posicion en que está figurada. En este movimiento alternativo de las cajas, el codillo m imprime á la pieza N un movimiento de *vaiven* de que se puede sacar partido, como se juzgue mas conveniente.

»*Balancin hidráulico de Mr. Artigue.* (Lo representamos fig. 9 lám. 2). A es un depósito de agua, rio, arroyo &c.; a, a' compuertas que se abren y cierran alternativamente por el movimiento del balancin B; C, C' cubas rectangulares, que suben y bajan cada una en un pozo de la misma forma D, D'. Se ve que uno de los lados de estas cubas se halla siempre abierto, y que en su curso, el muro contra el cual resbalan, mantiene el agua, que no se puede escapar sinó cuando cada cuba ha llegado á E ó E'. La figura representa la cuba C en el momento de llenarse, y su compuerta levantada, miéntras que la cuba C' se descarga en E', hallándose cerrada su compuerta por la posicion del balancin. Se concibe que, para sacar partido de este modo de aplicacion se toma el movimiento alternativo por arcos de círculo sobre el balancin.

»*Báscula hidráulica.* (La representamos fig. 10 lám. 2). A es un depósito; B, cubo con válvula; b, cuerda dispuesta de modo que levante la válvula y haga escapar el agua cuando el cubo ha bajado; C, palanca ó báscula, á la cual está fija la espiga del émbolo de la bomba D; E contrapeso. El juego de esta báscula es fácil de

comprender: cuando el cubo está lleno, baja; la cuerda *b*, en razon de su longitud no abre la válvula sinó cuando el cubo está en la parte inferior de su carrera, y se produce el movimiento en el cuerpo de bomba *D*; despues, cuando el cubo está vacío, el contrapeso *E* vuelve á bajar y hace subir el cubo.

»*Rueda de paletas.* (La representamos fig. 11 lám 2). *A* es la rueda y *P*, *P* son las paletas; *a a* es la altura de la carga; *B*, la abertura de la compuerta, cuya espiga es *b*. En la fig. 12 lám. 3 se representa de perfil y de frente, otra rueda de paletas. El canalizo *C* es un segmento de círculo, que abraza las paletas que se mueven en él; *D* representa la compuerta inclinada, que se maneja por medio del engranage *d*; *R*, *R* son ruedas de engranage para trasladar el movimiento del trabajo que se quiere efectuar.

»*Cadena sin fin, de paletas.* (La representamos fig. 13 lám. 3). *A* es un batel, góndola, bote ó barquillo, que lleva las poléas ó tambores *b*, *b*; *B*, cadena sin fin, que se arrolla sobre las poléas *b*, *b*, y que lleva paletas *p*, *p*, *p* que se presentan perpendicularmente á la accion de la corriente cuando se hallan sumergidas del todo en ella.

»*Dos ruedas de paletas sobre un batel, barquillo, bote ó góndola en medio de un rio.* (Están representadas fig. 14 lám. 3). *R*, *R* son las ruedas cuyas paletas están representadas por *p*, *p*; *B* es el corte del batel, ó bote; y *C* el tambor ó rueda de engranage que sirve para trasmitir el movimiento al trabajo que se quiere efectuar.

»*Doble rueda escéntrica de paletas.* (La representada fig. 15 lám. 3). *A* y *A'* representan dos ruedas en que el centro de la una está mas alto que el de la otra; *B*, *B*, representan paletas enfiladas cada una sobre dos pernos ó pasadores *i*, *i*. Estos se hallan fijos perpendicularmente á cada rueda. El perno de una de las ruedas sostiene á la paleta por lo alto, y el de la otra por debajo. De este modo cada paleta obra sobre dichos pernos, y se presenta siempre perpendicular á la accion de la corriente. El intérvalo de los pernos *i*, *i* es igual al de los dos centros de las ruedas.

»*Rueda de paletas, que se puede levantar y bajar cuando se quiera.* (La representada fig. 16 lám. 3). *A* es la rueda de paletas; *b*, *b* rueda de engranage ajustada sobre el flanco de la rueda, y que engrana con la rueda dentada *B*, que da el movimiento al trabajo; *CC* pieza de madera que lleva la rueda de paletas, y que se mueve sobre el punto fijo *o*; *D*, torno sobre el cual se arrollan dos cadenas *i*, *i*, que están unidas á los estremos de los dos arcos de círculo *d*, *d*. Este torno lleva una rueda dentada con su trinquete para

que se mantenga en el punto en que se ha colocado sin retroceder. Se concibe que con este torno y disposicion, se hace sumergir la rueda en el agua tanto como se juzgue conveniente, sin que el engranage con la rueda de movimiento *B* cese de tener lugar.

» *Danaida* (Representa su alzado la fig. 17, y su planta la 18 de la lám. 4). *A* es un tubo recurvo, que conduce el agua motriz al tambor móvil *B* chocando primero contra las paredes de este tambor en *b*: *o*, *o*, diafragmas contra los cuales obra el agua; *i* abertura en el centro del tambor, por la cual sale el agua despues de haber ejercido su impulso contra los diafragmas; *D*, árbol vertical que gira con el tambor, y que imprime un movimiento de rotacion horizontal á la rueda dentada *E*, que le comunica á su vez al trabajo que se debe hacer.

» *Rueda de paletas por presion.* (La representamos fig. 19 lám. 3). *A* es el depósito ó escurridero por donde sale el agua; *B*, compuerta que se baja para dejar salir el agua por su superficie; *C* canalizo en arco de círculo que comprende la porcion de la rueda que lleva las paletas, de modo que resulte entre ellas y las paredes y suelo del canalizo el menor juego posible; *D*, rueda que trasmite la potencia del agua.

» *Rueda de dos órdenes de cajones, que puede girar en dos sentidos diferentes, esto es, tanto hácia la derecha como hácia la izquierda.* (Representamos su corte en la figura 20 lámina 4 y de frente en la fig. 21 lám. 4). *A* es el depósito; *i*, *i* dos compuertas opuestas, la una que hace girar la rueda en un sentido y la otra en el sentido contrario; *b*, *b* cajones, cuya disposicion mas en grande se ve por separado; *m*, *m* cigüeñas para trasmitir el movimiento, que podrán sustituirse por ruedas &c.

» *Rueda de cajones de Perkins, con su sistema de descarga.* (La representamos fig. 22 lám. 3). *A* es el depósito; *B*, compuerta; *b*, *b*, *b*, cajones; *C*, abertura y conducto de descarga, cuando se tiene demasiada agua; *D*, compuerta para arreglar la descarga ó el desagüe.

» *Ruedas de cajones.* La fig. 23, lám. 4 representa una rueda de cajones ordinarios, que recibe el agua por un canal inclinado.

La fig. 24 de la misma lámina representa una rueda, cuyos cajones están formados de hojas delgadas de cobre ó laton, que recibe el agua por un escurridero. Esta forma de cajones parece ser, en virtud de la esperiencia, la mas ventajosa *. La fig. 25 lámina 4 representa la misma rueda vista de frente.

* Los que propondrémos (§ 349 de este mismo libro) nos parecen todavía mas ventajosos, y la esperiencia lo tiene acreditado.

La fig. 26 de la misma lámina representa una rueda de cajones, que recibe el agua por encima, en virtud de un canal.

La fig. 27 de la misma representa una rueda de cajones, que recibe el agua por encima, en virtud de una compuerta horizontal *v*, que se maneja por medio de la palanca *l*.

La fig. 28 representa la misma rueda vista de frente.

»*Cadena de canjilones.* (La representamos en la fig. 29 lám. 4) *A* es el depósito, *BB* cadena, en que están colocados los canjilones *o*, *o*, y que se arrolla sobre los dos tambores *b*, *b*. Los cajones, al llenarse, determinan el movimiento de rotacion de los dos tambores; y sobre el tambor superior se toma el movimiento de que se tiene necesidad. Esta máquina está espuesta á frecuentes reparaciones, y no se puede emplear útilmente sinó cuando se carece de sitio para el establecimiento de una rueda.

»*Rueda de reaccion.* (La representamos de perfil en la fig. 30; y en planta en la fig. 31 lám. 4). *A* es un tambor de metal que puede girar sobre sí mismo, é imprimir el movimiento de rotacion al árbol vertical *B*. La corriente entra en el tambor por una abertura *C* que es bastante ancha, y sale por las aberturas laterales inclinadas *o*, *o*, *o*, *o*, ejerciendo su reaccion contra las especies de diafragmas que forman las aberturas.

»*Volante hidráulico.* (Representamos su corte vertical en la figura 32 y su planta en la fig. 33 lám. 4). *AA* es un ancho tubo, que forma el cuerpo del volante y que gira sobre muchos anillos concéntricos *o*, *o*, con el árbol vertical *B*; *D*, entrada del agua en el volante; *I* orificio de salida. Otro igual orificio se halla practicado al otro lado del volante. El agua saliendo con la velocidad *debida* á la altura, vuelve á obrar sobre la pared que se opone á cada uno de estos orificios, y determina la rotacion del volante; *E*, rueda dentada para dar el movimiento al trabajo."

40 Pasemos ahora al contenido del espresado capítulo XXIV, que dice así:

Pág. 280 "Conocemos, por los esperimentos del capítulo precedente, el valor absoluto que se puede atribuir á una corriente de agua que ejerce su impulso contra un plano inmóvil, en el caso en que la corriente se halla sobre poco mas ó ménos interceptada en totalidad; y cuando lo está solo en parte, vemos hasta donde se lleva el efecto de la inclinacion de este plano, por la comparacion con el choque directo y perpendicular; y ademas cuan grande es el influjo de las formas que puede recibir el plano.

»Se trata ahora de investigar con cuidado lo que viene á ser este valor, cuando el plano contra el cual se verifica el impulso, viene á moverse, en virtud del movimiento que él ha recibido; se trata de reconocer con la mayor exactitud posible si, como lo hemos dicho en nuestras consideraciones generales sobre los motores, hay circunstancias á las cuales es necesario atribuir una mayor cantidad de potencia mecánica trasmitida, y cuáles son estas circunstancias.

»Llegamos pues al momento de considerar el agua como una fuerza capaz de producir un movimiento, de que la industria saca partido; vamos á hacer uso de todo lo que hemos aprendido sobre la fuerza mecánica en general, y sobre las cualidades del agua. Para no invertir el órden de nuestras investigaciones sobre esta materia, y no interrumpir la serie de los hechos que conciernen al impulso del agua de una corriente, considerarémos primero el agua en esta manera de obrar, y la estudiarémos despues obrando una corriente por presion.

»Bajo el primer punto de vista, se nos presenta desde luego el exámen de una cuestion importante; y es la de saber, si por medio de disposiones cualesquiera, es posible hacer pasar á un cuerpo móvil toda la fuerza con que ha podido ser chocado por el agua en movimiento.

»Antes de indagar la respuesta que conviene á esta cuestion, tratemos de determinar cuáles serían las condiciones requeridas, para que esta trasmision fuese completa. Sería necesario: 1.° que las moléculas, de que se compone cada filete de agua en accion, viniesen una despues de otra, y con una independencia absoluta, á perder la totalidad de su fuerza sobre el plano que se les opusiese y aniquilarse inmediatamente despues del choque para dejar lugar á las siguientes, sin padecer ningun retroceso, sin ceder á ninguna fuerza ni accion: 2.° que el plano fuese inflexible y rigorosamente perpendicular á la direccion de la corriente, y recibiese este impulso en un reposo perfecto, mientras debe durar su accion, y que solo se moviese en el momento en que se suspendiese repentinamente el desarrollo de esta accion.

»Todas estas hipótesis son de rigor; quítese una de ellas y su fuerza no es ya trasmitida sinó en parte. Pero todas ellas son gratuitas, y las cosas suceden de otro modo en la naturaleza.

»Desde luego, las moléculas, los filetes de agua, que hemos podido considerar como tan móviles, tan independientes los unos de los otros, cuando no se ha tratado sinó de los fenómenos de la presion contra las paredes que los encierran, están unidos en su movimiento por una reciprocidad de accion, de que ninguna disposicion

puede dispensarlas. Si una molécula se separa de su direccion, por cualquiera causa, ella parece llevar consigo á todas las que la siguen; y si no produce el mismo efecto sobre las moléculas que la rodean inmediatamente, propende al ménos á romper la direccion de su movimiento.

»Una corriente no es, pues, un compuesto de filetes de agua, que obran aparte con la fuerza de que ellos están respectivamente animados; es una sola accion que no se puede dividir, ni en sus efectos, ni en las causas que las turban, para atribuir á una porcion de la corriente lo que no se quisiese atribuir á la otra.

»Este estado de mutua dependencia, en el cual se hallan las moléculas de agua en movimiento, da lugar á una gran variedad de efectos mas ó ménos notables segun el modo con que el agua corriente afluye hácia el plano de impulso, y segun las formas y dimensiones de este, con relacion á los de la corriente: efectos, que parece imposible referir á una espresion general y rigorosa, y que manifiestan cuanto se alejaría de la verdad la hipótesis, por la cual se quisiese establecer, que todas las moléculas chocan del mismo modo, como si cada una estuviese libre y aislada, y vienen á consumir sucesivamente su fuerza contra el plano que se les opone.

»El aniquilamiento ó desaparicion de cada molécula, despues del choque, es mas contrario aun á las leyes de la naturaleza; porque bien léjos de desaparecer, ellas retroceden despues del impulso, y oponen este movimiento de retroceso, que acaban de recibir, al movimiento de las moléculas siguientes, y descomponen su fuerza. Unas veces huyen á los dos lados del plano, si la masa de agua es mucho mas ancha que este, y presentan desde entónces al agua afluente un semicírculo líquido, una especie de proa semicilíndrica que desnaturaliza el valor del impulso; otras veces se elevan contra el plano, si no tienen mas que ligeras salidas laterales, radiando con fuerza sobre la superficie de este plano, é introduciendo la confusion sobre todos los puntos de accion de la corriente. Este hecho incontestable, mas fácil de estimar por sus resultados, que de percibir en sus detalles, rechaza toda hipótesis, que no le admitiese con todas sus consecuencias.

»La hipótesis de la inflexibilidad del plano no daría lugar á ningun error grave; porque no es difícil, en la práctica, encontrar y disponer cuerpos que llenasen sobre poco mas ó ménos esta condicion; pero la de la inmovilidad de este plano durante el desarrollo de una cierta cantidad de fuerza impulsiva no es admisible: en efecto, en el instante mismo en que principia la accion en su plenitud, ó el

plano se sustrae de ella cediendo, ó si resiste, continuará permaneciendo inmóvil, en tanto que su fuerza no aumente de intensidad. En el primer caso, recibirá tanto menor movimiento cuanto esté animado de mayor velocidad; estará pues léjos de recoger toda la fuerza que la corriente desenvuelva sucesivamente. En el segundo caso, no habría movimiento trasmitido, y esta consideracion sale del asunto que nos ocupa.

» Así, como en el choque del agua no existe ninguna de las condiciones indispensables para la trasmision plena y entera de la fuerza impulsiva, es evidente que hay siempre ménos fuerza trasmitida, por el cuerpo chocado, que la ejercida sobre él, cualesquiera que sean las disposiciones que se tomen, y que se puedan imaginar: es decir, que si una masa de agua de 100 libras cae de un pie de altura sobre un plano dispuesto de modo que trasmita á un peso el movimiento recibido, estará léjos de poder elevar un peso de 100 libras á un pie de altura. Debe advertirse tambien que esta misma agua, cayendo por uno de los brazos de un ancho tubo recurvo, se elevaría en el otro brazo á la misma altura; porque, haciendo abstraccion de los rozamientos, no hay causa de pérdida de movimiento. Cien libras de agua, cayendo de un pie de altura, encierran pues una fuerza capaz de elevar un peso igual á la misma altura, cuando ninguna circunstancia viene á estinguir ó aniquilar una porcion de esta fuerza; pero cuando hay choque, retroceso de moléculas en toda especie de sentidos, movimiento del cuerpo chocado en la direccion de la corriente, una parte de la fuerza se aniquila, y otra queda en la corriente sin ser trasmitida al cuerpo que huye mas ó ménos veloz delante del impulso.

» A la verdad, cuando un cuerpo elástico, animado de una fuerza impulsiva, choca con ella á otro de la misma especie, toda la fuerza se trasmite entónces completamente del cuerpo chocante al cuerpo chocado, si los dos son del mismo peso; pero este efecto se verifica, porque las moléculas rechazadas en el movimiento del choque se relevan *incontinenti* con vivacidad, y restituyen otra tanta fuerza como el rechazamiento había exigido. Esto viene á ser, como lo hemos dicho en nuestras consideraciones generales sobre los motores, un resorte, que aflojándose, reproduce toda la fuerza que se ha ejercido sobre él para encogerle. En este caso, el cuerpo chocante agota tambien toda su fuerza sobre el cuerpo chocado, que permanece en reposo despues del choque. No lo quedaría, si el primero fuese mas pesado que el segundo; él no comunicaría aun toda su fuerza, si el cuerpo chocado

estuviese animado de una cierta velocidad en el mismo sentido.

»Pero, en el choque del agua sobre un plano, que debe moverse para trasmitir el movimiento, hay primeramente pérdida de fuerza por el rechazamiento de las moléculas, que, bien léjos de restablecerse como si fuesen elásticas, vuelven á obrar contra las moléculas afluentes en su movimiento retrógrado; en segundo lugar, se debe considerar aun como pérdida de fuerza toda la que queda al agua despues del choque, y que no está empleada en producir ningun efecto útil.

»Insistimos mucho sobre las circunstancias del impulso del agua contra un plano inmóvil, porque las suposiciones que, en general, se han creido poder establecer para valuar su fuerza, no han conducido hasta ahora sinó á resultados erróneos, muy distantes de los que da ó daría la esperiencia. Este punto es fundamental en las investigaciones sobre la potencia mecánica del agua; y es necesario, nos parece, ensayar el sustraerle de teorías que, reposando solo en hipótesis gratuitas, no pueden jamas aplicarse á las realidades, ó usos prácticos.

»El solo hecho del rechazamiento de las moléculas, cuando el agua choca á un cuerpo, y de la confusion de los movimientos diversos que resultan de ella, acaso no permitirá encontrar jamas, para todos los casos, un valor de la cantidad de potencia mecánica, que se puede obtener de una corriente cualquiera y en todas circunstancias.

»Estos movimientos de las moléculas de agua rechazadas son, en efecto, tan variables, se cruzan en tantos sentidos diversos, oponen en un caso efectos de reaccion tan diferentes de los que oponen en otros, que no se puede llegar á una valuacion satisfactoria, sinó por esperimentos hechos en circunstancias dadas y exactamente determinadas.

41 »Un esperimento de *Mariotte*, hecho con el designio de comparar el choque del viento con el del agua, manifiesta bien claramente el influjo de la elasticidad en los resultados del rechazamiento por el choque: él ha encontrado, que el choque del aire era equivalente al del agua, cuando la velocidad del primer fluido era solamente 24 veces tan grande como la del último; sin embargo, no atendiendo sinó á la ley del cuadrado de las velocidades, una velocidad 24 veces mayor solo produce un choque 576 veces mayor; y el choque del aire con esta velocidad debería ser menor que el del agua, si no hubiese en el uno la causa de pérdida que no hay en el otro. En efecto, la densidad media del aire siendo cerca de 800 veces menor que la del agua, el choque del primer fluido debería ser, á

velocidades iguales, 800 veces menor que el del segundo. Se sigue, pues, que la fuerza impulsiva del aire es mayor que la que debería resultar de su densidad comparada con la densidad del agua. Esta diferencia proviene evidentemente de la elasticidad del aire que se comprime por el choque, pero que obrando como un resorte, propende constantemente á restituir la fuerza que le ha rechazado.

»Es necesario pues mirar como una ley de la accion mecánica del agua por impulso, que hay inevitablemente una cierta porcion de fuerza perdida, en la comunicacion que se ha hecho de este motor al mecanismo dispuesto para trasmitirla.

»Parece ser razonable afirmar, que es imposible que ninguna disposicion, ningun mecanismo puedan jamas dar lugar á una trasmision total de la fuerza impulsiva y contínua del agua á un cuerpo cualquiera: decimos contínua, porque se podría hacer que una cierta masa de agua, cayendo por ejemplo de golpe en un ancho tubo, y viniendo á chocar instantáneamente un émbolo móvil, que este encerrase, podría suceder, decimos, que la fuerza con que esta masa de agua estaría animada, pasase sobre poco mas ó ménos toda entera al émbolo; pero si esta masa de agua se renovase sin interrupcion, la accion del agua mudaría de naturaleza: se acumularía sobre el émbolo, despues de haberle chocado, y el impulso se convertiría prontamente en presion, lo que es muy diferente.

42 »Para que haya impulso, es necesario que la capa de agua, que ha chocado, se escape para hacer lugar á otras que vienen á arrojarla con violencia. Pero ¿no es posible determinar de un modo general, la cantidad ó de fuerza perdida, ó de fuerza trasmitida, en el choque del agua? ¿No se podría abrazar el conjunto de todas las causas de pérdida, estimar la influencia de cada una, y fundar de este modo una base de valuacion aplicable á todos los casos? Para asegurarnos de ello, examinemos atentamente el fenómeno del impulso del agua, en las principales circunstancias en que puede tener lugar.

»Consideremos primero el caso mas simple: imaginemos que se tenga, sumergido verticalmente en la corriente de un rio, un pedazo de tabla, ajustado de modo que se le pueda sostener mas ó ménos por medio de pesos, contra el impulso directo y perpendicular de esta corriente; es decir, que sea uno dueño, ó de hacerle resistir sin ceder á la fuerza impulsiva, ó de abandonarle á ella en parte, ó en fin de abandonarle enteramente sin ninguna resistencia, y en estos tres casos, sin que el rectángulo de tabla mude su posicion perpendicular á la corriente.

» Supongamos, pues, en primer lugar, que se haya dispuesto un suficiente número de pesas para contrabalancear la accion de la corriente sobre la tabla, y veamos lo que sucede: las primeras moléculas que chocan á la superficie de la tabla, retroceden por la reaccion que reciben de ella; las que siguen, encuentran á las primeras y propenden á rechazarlas contra el plano: pero, es evidente que su movimiento debe descomponerse en esta accion de moléculas á moléculas; puede suceder que las que corresponden al centro de impulso sean rechazadas directamente contra este centro; mas, las que se aproximan á las orillas de la tabla, se escapan por una curva, cuya convexidad se presenta á la accion de todas las otras moléculas afluentes que resbalan rápidamente sobre esta curva líquida, y si no es sin obrar eficazmente contra el plano, es al ménos sin chocarle con toda la fuerza de que están animadas. Sería bien difícil, imposible puede ser, el determinar donde se detiene la esfera de actividad de los movimientos retrógrados tan diversos, que las moléculas sufren por el choque ¿Se estiende de todos los puntos hasta el centro de impulso? Entónces la accion del agua no es sinó la resultante de una multitud de movimientos descompuestos, cuya ley de descomposicion nos es desconocida, y que acaso es imposible establecer: O bien las moléculas que vienen á chocar en el medio de la tabla, ¿son ellas rechazadas directamente contra esta, y no es sinó hácia sus orillas donde se verifica el retroceso en línea curva? Hemos observado frecuentemente este fenómeno con atencion, y jamas hemos podido discernir nada distintamente en la confusion de movimientos que presenta. Sea de esto lo que quiera, el impulso del agua no sería ya en este caso, así como en el otro, la suma de todas las acciones directas y consideradas aisladamente de los filetes de agua correspondientes á todos los puntos de la superficie que se les opone.

» Se sigue, pues, que el peso empleado para contrabalancear la fuerza de la corriente, no da el valor absoluto de esta fuerza, sinó un valor en algun modo relativo, que depende de la manera con que las moléculas vienen á chocar la tabla, y de las direcciones que ellas siguen en su rechazamiento, despues del choque.

» Pero, este valor es susceptible de un gran número de variaciones que no permiten darle una espresion conveniente á todas los casos: la corriente mucho mas ancha que el plano, sobre que viene á ejercer su impulso, coopera á comunicar á este ménos movimiento que si el plano fuese sobre poco mas ó ménos del mismo ancho; en el primer caso, las moléculas, pudiendo escaparse rápidamente por los

lados, siguen direcciones divergentes en su retroceso, y parece que separan de la accion una parte de las moléculas afluentes que llevan consigo en su movimiento retrógrado; en el segundo caso, las primeras moléculas rechazadas vuelven por la accion de las que siguen, porque están como aprisionadas entre las dos paredes del canal, cerrado hasta un cierto punto por el ancho del plano. La accion de los filetes de agua está bien descompuesta sobre todos los puntos de la seccion vertical de la vena fluida; pero es mas fuerte que en el primer caso; de manera, que el peso necesario para mantener el plano contra la accion de la corriente, no sería el mismo en un caso que en el otro; variaría tambien segun la situacion de las salidas que se dejasen á la corriente, sea en la parte inferior del plano, sea en la parte superior, sea en las partes laterales, y hay un valor relativo de impulso para cada una de estas circunstancias.

»Pero hay mas todavía: la tabla puede ser mas ó ménos gruesa; sus pequeñas caras laterales pueden ser mas ó ménos lisas; ella puede presentar á la corriente una superficie convexa ó cóncava; puede llevar rebordes diversamente colocados sobre su superficie anterior; todas estas circunstancias influirán sobre la cantidad de movimiento que el agua propenderá á comunicar, y habrá para cada una de ellas un valor particular.

»Si pues, se quiere determinar, ó espresar el valor del choque del agua contra un cuerpo destinado á trasmitir el movimiento que de él resulta, es necesario buscarle por esperiencia, bajo las condiciones especiales que se quieren adoptar, ó en las cuales se quieren obtener: toda otra vía no conduce sinó á una espresion inexacta del valor del choque; y parece razonable pensar que no se deben jamas buscar valuaciones de hechos positivos por hipótesis evidentemente contrarias á la realidad: la utilidad de una espresion general es sin duda de una importancia incontestable; pero es necesario, ántes de todo, que ella sea verdadera, y que encierre al ménos las principales condiciones del fenómeno que debe representar.

»Hay otro modo de considerar las dificultades de la cuestion que nos ocupa. Se puede notar, que aun desprendiéndola de las anomalías que introducen, en los fenómenos del impulso, las diversas circunstancias, de que acabamos de hablar, se puede advertir, decimos, que no se presenta ninguna hipótesis plausible, de que sea permitido deducir el valor absoluto de este impulso, cualquiera que sea el grado de sencillez á que se ensaye referir el fenómeno. De manera, que aun suponiendo que todos los filetes de agua obren ais-

lada y directamente, sin sufrir ni estorbos, ni retroceso, ni desvío en la direccion de sus movimientos; y aun admitiendo, si se quiere, que cada molécula se disipe despues del choque, sin volver á obrar sobre ninguna otra, se verificaría todavía el que solo á la esperiencia perteneceria determinar el valor del impulso.

» Examinemos esto con atencion: un cuerpo que choca á otro, es siempre en razon de su masa y de la velocidad de su movimiento; y como el valor del choque depende tanto de la masa que obra, como de la velocidad de la accion, para determinar este valor, es preciso conocer la una y la otra.

» Es positivo que se puede deducir hasta un cierto punto, la velocidad de una corriente por su declive; pero ¿cómo valuar racionalmente la masa de agua que obra? Se sabrá á la verdad que esta masa es un prisma de agua cuya base es igual á la superficie chocada; pero ¿cómo, en virtud de qué datos se determinará la longitud de este prisma? es necesario sin embargo, para estimar el peso del agua, conocer esta longitud. La superficie chocada corresponde á un prisma líquido, que en rigor tiene por longitud la longitud misma de la corriente: no hay solucion de continuidad en este prisma, y todas las porciones en que se le puede imaginar dividido perpendicularmente, obran de concierto. Sería pues absurdo tomar el prisma en esta longitud, y por lo mismo debe ser una porcion de este prisma; pero ¿cuál es esta porcion? ¿Un pie, una pulgada, una ó muchas varas de longitud? No se ve nada, en las cualidades mecánicas del agua, sobre que se pueda fundar incontestablemente la determinacion de la porcion de prisma, que es necesario considerar como masa que obra.

» Si el prisma líquido, que corresponde por su base á la superficie chocada, pasase de repente al estado de hielo, sin perder nada de la velocidad de la corriente, el choque sería, por decirlo así, irresistible, y presentaría una masa inmensa de accion. El agua, en el estado líquido, obra sin duda enteramente de otra manera; mas, para conocer los resultados de esta diferencia de accion, es necesario, como ya lo hemos dicho, interrogar la esperiencia, cualquiera que sea el estado de sencillez á que se quiera referir la cuestion, y concluir que toda investigacion puramente racional sobre este objeto parece carecer de base sólida, aun no considerando sinó la simple determinacion del peso necesario para mantener un plano en equilibrio contra la fuerza de una corriente dada.

» Pasemos ahora, y en segundo lugar, al exámen de lo que su-

cede cuando se disminuye, en una cierta cantidad, el peso que mantería en equilibrio el rectángulo de tabla opuesto al impulso de la corriente.

»Al instante que el peso no es equivalente al resultado de la accion del agua contra el plano, este se mueve y comunica su movimiento al peso; viniendo á ser de este modo el agente intermedio de la potencia del agua, trasporta el movimiento que ha podido recoger en la corriente, á los puntos diversos donde la industria le hace servir á sus operaciones.

43 »Puede moverse con velocidades diferentes, segun que el peso es mas ó ménos grande. Supondrémos, para mayor sencillez, que el peso está dispuesto de modo que tome exactamente la velocidad del plano. Cuando el peso específico es poco inferior al que basta para contrabalancear el impulso del agua, el plano se mueve muy lentamente, así como el peso, con relacion á lo corriente. Si es muy inferior, el plano se mueve con una velocidad mayor; pero siempre con una velocidad menor que la corriente. En los dos casos, huye delante del impulso, despues del primer choque que le ha hecho pasar del reposo al movimiento; de manera, que la corriente no le choca ya con toda su velocidad, sinó solo con el esceso de su velocidad sobre la del plano: así, por ejemplo, si la corriente tiene 90 pulgadas de velocidad por segundo, y el plano ha tomado 30 de ellas, el impulso no se ejerce mas que con una velocidad de 60 pulgadas.

»Notemos que el plano, así como el peso que debe levantar, no toman, en el primer momento del impulso, todo el movimiento que van á tomar al cabo de un instante, muy corto á la verdad, pero que no tienen en el momento mismo: el movimiento del plano es muy lento al principio; crece despues por grados hasta que viene á ser uniforme y perfectamente regular. El paso del movimiento acelerado al movimiento uniforme, se hace prontamente; es sin embargo muy perceptible y de una duracion que se puede valuar.

»Se comprenderá fácilmente este fenómeno si se atiende á que, para determinar el movimiento del plano, y del peso, la corriente tiene, de alguna manera, dos efectos que producir: debe vencer primero la inercia de las masas sólidas para hacerlas pasar del reposo al movimiento, así como las resistencias que provienen del rozamiento &c.; debe despues, vencidas todas las resistencias pasivas, imprimir un cierto movimiento al plano y al peso, movimiento que debe constantemente conservar, despues de habérselo trasmitido, sin lo cual este disminuiría por grados y acabaría por aniquilarse.

»Pero, al primer impulso, el plano se bamboléa; la inercia y las

resistencias pasivas son vencidas, y el movimiento ha principiado; sucede un segundo impulso, pero con ménos fuerza que el primero, porque el plano huye ya delante de la accion; sin embargo, el movimiento se acelera; en fin, por una consecuencia necesaria de la aceleracion del movimiento del plano, el impulso disminuye de eficacia, miéntras que las resistencias aumentan con el acrecentamiento de velocidad; la relacion de la fuerza de impulso con las resistencias del plano, se aproxima pues mas y mas de él, en virtud del cual el impulso y las resistencias podrían hacerse mútuamente equilibrio: entónces las dos fuerzas opuestas se destruyen, y el plano no se mueve ya sinó en razon del movimiento adquirido, el cual, á causa de la inercia, debe permanecer sensiblemente uniforme.

»Concluyamos de todo esto, que la porcion de fuerza de impulso empleada en destruir la resistencia pasiva, se pierde irrevocablemente para el efecto útil, que no consiste aquí sinó en el movimiento comunicado al peso. La cantidad de este movimiento representa bien la porcion de potencia que se ha comunicado, si se puede decir así, en la corriente, pero no la potencia natural de esta; es imposible trasmitirla toda entera, tanto por el efecto de las resistencias, de que acabamos de hablar, como por otras causas sobre que vamos á insistir.

»Hemos dicho mas arriba que el plano, llegado al movimiento uniforme, no recibe ya de la corriente sinó impulsos proporcionales á la diferencia de las velocidades respectivas del primero y del segundo, y que miéntras mas pequeña es esta diferencia, ménos fuerte es el impulso. De donde se sigue, que la corriente, despues de haber chocado al plano, conserva ó propende á conservar una velocidad tanto mayor, cuanto el mismo plano se mueve con mas velocidad, y que toda la fuerza que le resta es perdida para el efecto útil.

»Acordémonos, que se puede hacer tomar al plano todos los grados de velocidad, desde una muy pequeña, con relacion á la corriente, hasta una velocidad sobre poco mas ó ménos igual á esta última; basta disminuir gradualmente el peso. Pero cuando este se disminuye, se debilita uno de los elementos del valor del efecto producido; sucede aun mas: viene á ser menor cada accion impulsiva de la corriente, y se deja sin empléo, toda la porcion de fuerza mecánica que conserva, ó si se quiere, que no gasta sobre el plano que huye rápidamente delante.

»Verdaderamente, la velocidad mayor, comunicada al peso así reducido, es tambien uno de los elementos del valor del efecto mecánico; y la cuestion es saber si este esceso de velocidad compensa lo

que se ha perdido tanto por la diminucion del peso como por la del choque.

44 »Una consideracion importante viene aquí á complicar la cuestion; y es la del rechazamiento de las moléculas por el choque. Este rechazamiento es efecto de la reaccion del plano contra el impulso de las moléculas de agua; es pues tanto mas considerable, y hay tanta mas potencia que oponer á la accion sucesiva de las moléculas afluentes, cuanto el primer choque tiene mas violencia. Así, el rechazamiento es tan grande como puede serlo, en una circunstancia dada, cuando el plano es inmóvil: y es sensiblemente nulo, cuando no presentando el plano ninguna resistencia apreciable, toma toda la velocidad de la corriente.

»Se sigue, pues, que mientras se deje tomar al plano menor velocidad, aumentando la cantidad del peso, mas fuerte es el impulso; pero tambien se pierde mas fuerza motriz por la reaccion de las moléculas rechazadas; y al contrario, mientras mas velocidad se dé á este plano, disminuyendo el peso, menor es el impulso; pero se pierde ménos fuerza motriz, porque la reaccion es mas débil.

45 »Recapitulando lo que hemos dicho sobre el fenómeno del impulso del agua contra un plano, resulta: 1.º Que el impulso es tan fuerte como puede serlo, en una circunstancia dada, cuando el plano resiste á la accion de la corriente; que esta accion varía segun el grado de facilidad que tienen las moléculas de agua en escaparse despues del choque, y segun las formas del plano y su situacion respecto á la direccion de la corriente: en fin, que no se puede hallar sinó por esperiencia el peso necesario para tener un plano dado en equilibrio, con el impulso del agua, ó en otros términos, el valor de la fuerza impulsiva de una corriente. 2.º Que cuando el plano cede á la accion de una corriente, su movimiento se acelera en los primeros instantes y llega bien pronto á la uniformidad; que entónces la fuerza motriz no hace mas que conservar el movimiento adquirido, y todo lo que le resta de potencia se pierde para el efecto útil; que el choque de la corriente sobre el plano es tanto mas pequeño, cuanto este se mueve mas velozmente, en lugar de que el choque no es mas que proporcional á la diferencia que hay entre la velocidad natural de la corriente y la del plano; que el rechazamiento, ó el movimiento retrógrado de las moléculas aniquila una parte de la fuerza de una corriente de agua, y que este efecto puede variar, por decirlo así, al infinito; ademas, que cuando el plano se mueve con la velocidad de la corriente, el choque y rechazamiento son casi nulos. 3.º Notarémos en fin, que hay entre el punto donde no toma el

plano ninguna velocidad, porque resiste á la accion impulsiva del agua, y aquel en que toma toda su velocidad, porque no ofrece resistencia, un punto intermedio que se debe tomar, cuando se quiere emplear el impulso del agna como potencia motriz; y solo colocándose entre estos dos puntos estremos es como se puede obtener un efecto industrial. Todas estas observaciones se aplican á las diversas disposiciones de planos ó de piezas sólidas á las cuales el agua comunica movimiento por impulso.

46 »Llegó pues el caso de examinar á fondo las cuestiones siguientes, á las cuales se puede referir todo lo que concierne al impulso del agua como fuerza motriz.

1.ª »*¿Cuál es en general la mejor disposicion que se debe dar á la corriente y á los planos, ó cuerpos sólidos, destinados á recibir el choque del agua, y á trasmitir el movimiento que de él resulte?*

2.ª *¿Cuál es la velocidad que conviene dejar tomar á los planos de aplicacion de la fuerza impulsiva para obtener el máximo efecto?*

3.ª En fin, *¿cuál es la cantidad de movimiento trasmitida, en las diversas circunstancias que se presentan ordinariamente?*

47 Primera cuestion *¿cuál es en general la mejor disposicion que se debe dar á la corriente y á los planos, ó cuerpos sólidos, destinados á recibir el choque del agua, y á trasmitir el movimiento que de él resulta?* En una palabra *¿cuál es el mejor modo de aplicacion de la fuerza impulsiva del agua?*

»Los esperimentos referidos, en el capítulo precedente, nos parece que suministran todos los datos necesarios para responder á esta cuestion. Vemos en ellos, efectivamente, que una corriente comunica mas movimiento al plano, encargado de trasmitirle, cuando este se halla encerrado en un canal ó canalizo que solo tiene el ancho necesario para que pueda moverse en él sin rozar contra las paredes; hemos dado mas arriba las razones de ello.

»Así, siempre que se pueda, importa que el plano tenga sobre poco mas ó ménos el ancho del canalizo. Podemos añadir, por las mismas razones, que es preferible dar á la corriente mas ancho que profundidad, á fin de que el plano pueda recibir la accion del agua desde la superficie de esta hasta una pequeña distancia del fondo, y ofrecer así mas obstáculo á la huida del fluido por debajo; pero entónces se debe tomar el movimiento lo mas cerca posible del orificio de salida para no perderle por el rozamiento de las moléculas del agua en un canal mas bien ancho que profundo, como se practica por lo demas bastante comunmente.

»Es permitido creer, sin embargo, en virtud de los fenómenos que presenta el choque del agua, que aun cuando se viese uno obligado, en algunas circunstancias, á alejarse del orificio de salida de una corriente artificial, vale mas disponerla de modo que pueda interceptarla por el plano tanto en altura como en ancho; bien que hay en esta disposicion alguna pérdida de movimiento por las fricciones; mas esta pérdida puede ser mas que compensada por el aumento de impulso.

»Es necesario, ademas, que las paredes interiores del orificio, por el cual llega el agua sobre el plano, estén bien lisas y no dispersen la vena fluida, por mil pequeños chisquetazos; que se escapan en toda suerte de direcciones, lo cual debilita considerablemente el choque, sobre todo cuando el agua sale bajo una altura de carga de 10 á 15 pies. Lo mejor es hacer salir el agua por un prisma que presente sobre poco mas ó ménos la forma de la vena contraida: los filetes de agua siguen entónces ménos irregularmente las paredes del orificio, y la vena fluida es de algun modo mas compacta. Dando poca profundidad al canal en que el plano se mueve, se obtiene aun otra ventaja; es la de procurarse la facultad de dar al orificio de salida, ordinariamente rectangular, una pequeña altura en comparacion de su ancho, y de tener por este medio una carga efectiva mayor.

48 »Esto es en cuanto á la corriente; veamos ahora respecto del plano. Sabemos que el choque es mas considerable sobre un plano que le recibe perpendicular y directamente, que cuando le recibe con oblicuidad. Lo que habría pues mas ventajoso, sería tomar tales disposiciones que el plano permaneciese constantemente perpendicular á la direccion de la corriente, todo el tiempo que estuviese espuesto á ella. Mas, para conseguir este objeto, es necesario una construccion bastante complicada, mas costosa, mas sujeta á reparacion, y que ofrece mas resistencia de rozamiento: presentamos dos ejemplos de ello entre los modos de aplicar la fuerza impulsiva del agua: el uno es una cadena sin fin arrollándose sobre dos tambores ó cilindros y sosteniendo una série de planos, álabes ó paletas (fig. 13 lám. 3) espuestas perpendicularmente á la accion de la corriente; el otro representa dos ruedas escéntricas conjugadas, llevando las paletas de concierto (fig. 15 lám. 3). Con estos dos modos de aplicacion, los planos ó paletas ó álabes están opuestas perpendicularmente á la accion del agua en tanto que permanezcan sumergidas en ella.

»Ordinariamente las paletas están colocadas sobre la circunferencia de una sola rueda como se ven en las fig. 4 lám. 1 y la 11 lám. 2. Esta construccion es mas simple, pero cada paleta no reci-

be sinó durante un instante el impulso directo y perpendicular del agua: es fácil de comprender, que solo es en el momento que dicha paleta llega á la prolongacion de la parte inferior del diámetro vertical de la rueda; fuera de esta línea, mas acá ó mas allá, el choque es mas ó ménos oblicuo. Se sacrifica así una porcion de la fuerza impulsiva, para tener un modo de aplicacion mas simple, mas fácil de construir, y cuyos rozamientos sean mucho menores.

»Se puede, sin embargo, recobrar en parte esta oblicuidad de accion, dando al canalizo de impulso, la forma de un segmento de círculo que cubre una porcion de la rueda como representan las (figuras 12 y 19 lám. 3). La corriente choca entónces bastante directamente cada paleta: pero el orificio de salida, ó lo que es lo mismo, la abertura de la compuerta, no puede estar en este caso en el punto mas bajo de la caida: es necesario tomar el agua un poco mas alto, para poderla hacer correr sobre una superficie curva que contenga las espresadas paletas ó álabes.

»En cuanto á la forma de las paletas, parece evidente, en virtud de los esperimentos que hemos referido mas arriba, que las planas son las ménos ventajosas, y que cuando llevan dos rebordes laterales en la salida del lado de la accion, hay mas movimiento trasmitido, y se obtiene por consiguiente mayor efecto mecánico de la potencia del agua. Las paletas ó álabes cóncavas son mas ventajosas que las planas; pero esta forma solo es fácil de dar cuando se hacen con hojas de cobre, laton ó de fierro *.

»Cualesquiera que sean por lo demas, las disposiones que se elijan, es siempre necesario que el agua despues del choque, y de haber obrado sobre la paleta el tiempo que esta permanece allí convenientemente colocada, es necesario, decimos, que se escape pronto, y sin aglomerarse detras. Si este efecto se verificase, resultaría que las paletas, levantándose por la rotacion, propenderían á levantar el agua y tendrían que vencer una resistencia que disminuiría la cantidad de movimiento que les es comunicada.

»Reasumiendo la discusion á que se reduce la cuestion presente, vemos que las principales condiciones fundamentales que se deben satisfacer para sacar el partido mas ventajoso posible del impulso de una corriente, son: 1.° dar al orificio de salida la forma que se acer-

* Tambien se pueden hacer de madera, formándolas con formon y mazo, y se llaman *cucharas*; en Andalucía se suelen hacer de roble que resiste mucho al agua.

que mas á la de la vena contraida, y no dejar, en cuánto se pueda, por lo interior de este orificio ninguna aspeerza, ninguna pieza ó reborde que sobresalga, y que pueda originar el que los filetes de agua se desparramen á su salida; 2.° dar á la corriente en el canalizo mas ancho que profundidad, y construir las paletas con dimensiones tales que se aproximen lo mas posible del fondo y de las paredes del canalizo; 3.° disponer este de modo que el choque del agua sea tan directo como pueda serlo, y que muchas paletas sean á un mismo tiempo chocadas, sin complicar demasiado la construccion del modo de aplicacion; 4.° levantar los dos lados de cada paleta ó poner dos rebordes que resalten por el lado del impulso; 5.° en fin, el favorecer por todos los medios posibles, la huida ó escape del agua, cuando ella ha pasado el punto corespondiente al diámetro vertical de la rueda.

»Nos referimos á lo espuesto (39) para formarnos una idéa clara de los diferentes medios puestos en uso para recibir y trasmitir á un trabajo cualquiera la accion del agua por impulso. Nos contentamos, por otra parte, en este momento, con tratar de determinar las principales indicaciones que es necesario satisfacer, para que, en la comunicacion de movimiento que se hace del motor al modo de aplicacion, pase la mayor cantidad posible de ella. No creemos deber entrar en detalles sobre los diferentes modos de satisfacer á estas condiciones, que varían, por decirlo así, tanto como pueden variar las circunstancias en que uno se encuentra: queremos mejor tratar de manifestar con precision el objeto que es necesario conseguir, y dejar á la sagacidad del que tiene que hacer ó dirigir una construccion el cuidado de buscar los medios mas convenientes para conseguirlo. Las localidades, el estado de las aguas, razones de economía influyen mucho en la eleccion de las disposiciones que se deben tomar. Prescripciones especiales, formas de construcciones prefijadas sobre este objeto, como sobre otros muchos que presenta la Mecánica industrial, retardan mas bien sus progresos. Añadamos, aun, que los esperimentos que tenemos que referir sobre esta materia, completarán los datos necesarios para estar aun en el caso de raciocinar á fondo sobre las disposiciones que conviene mejor tomar en diversas circunstancias.

49 Segunda cuestion. *¿Cuál es la velocidad que es necesario dejar tomar á los planos de aplicacion de la fuerza impulsiva del agua para obtener el máximo efecto?*

»Se puede intentar resolver esta cuestion de dos modos, ó por razonamiento ó por esperiencia (yo añadiría *por el cálculo*). Veamos si se puede llegar á ello por solo el recurso del raciocinio; y si los re-

sultados que obtendrémos se conformarán con la esperiencia, que harémos despues hablar sobre el mismo asunto.

» Supongamos que se trata de una simple rueda, sobre cuya circunferencia están colocadas las paletas en el plano de la prolongacion de los radios; y notémos con cuidado todo lo que es indispensable considerar en el fenómeno de la comunicacion del movimiento que se verifica en este caso.

» Acordémonos 1.° de que se puede considerar la fuerza impulsiva que obra, como dividida en dos porciones; una que se equilibra con las resistencias, y otra que da y mantiene el movimiento de la rueda. 2.° Que el impulso disminuye á medida que la rueda pierde velocidad; disminuye tambien segun el grado de inclinacion bajo que las paletas se presentan á la accion de la corriente. 3.° Que mientras mas velocidad tiene la rueda, mayor porcion de su fuerza real y primitiva conserva el agua, despues del choque; la que es absolutamente perdida para el efecto. 4.° Que el rechazamiento de las moléculas de agua es tanto mayor, cuanto los planos chocados tienen ménos velocidad; la pérdida de fuerza ocasionada por el rechazamiento parece pues aumentar con el aumento del choque; ademas, los efectos del rechazamiento son diversamente modificados segun la oblicuidad de la accion del agua sobre las paletas. 5.° Que refiriendo en fin el efecto mecánico producido á la elevacion de un peso á una cierta altura, el peso elevado es tanto mas pequeño, cuanta mayor velocidad adquiere la rueda, á igualdad de circunstancias, pero tambien es mayor la altura á que se eleva el peso.

» Si separando, sin embargo, estas consideraciones por un instante, se admitiese que en el impulso del agua contra las paletas, no hubiese que tener cuenta de ningun otro fenómeno que de la comunicacion pura y simple del movimiento, sin ninguna pérdida, se podría creer por una parte, que con un cierto peso aplicado á la rueda, se la pondría en estado de equilibrio con la fuerza de impulsion, lo que daría *cero* de velocidad; por otra, que, suprimiendo el peso, la rueda tomaría sensiblemente la velocidad del agua, y que, en ambos casos, no habría efecto mecánico producido; se podría creer, decimos, que tomando un punto intermedio, igualmente remoto de estos dos estremos, es decir, dando á la rueda la mitad de la velocidad de la corriente, se obtendría el *máximo* efecto; el peso elevado sería, en este supuesto, la mitad del que contrabalancearía el impulso del agua; se consideraría así la mitad del impulso como equilibrándose con las resistencias, y la otra mitad ó el esceso de la

fuerza que obra sobre las resistencias, como dando y conservando el movimiento del peso.

»Podría aun raciocinarse del modo siguiente: si la rueda se hallase libre y no tuviese que vencer ninguna resistencia, tomaría sobre poco mas ó ménos la velocidad de la corriente. Recíprocamente, si la rueda tuviese en oposicion una resistencia suficiente, podría permanecer inmóvil. En estos dos casos, el efecto sería nulo, pues que se tendría por una parte, velocidad producida sin masa en movimiento, y por otra una masa sin velocidad.

»Entre estos dos estremos, hay una infinidad de casos en que la corriente puede hacer mover un cierto peso con una cierta velocidad; pero es evidente que este peso será siempre menor que el que puede detener el movimiento de la rueda opuesta á la corriente, y que la velocidad que esta podrá tomar será siempre menor que la del agua. El *máximo* efecto tendrá pues lugar cuando el producto del peso por la velocidad, que se le haya comunicado, sea el mayor producto de todos los que se podrían obtener variando entre nuestros dos puntos estremos los pesos y la velocidad.

»Se sabe que la rueda en movimiento se escapa en parte de la accion de la corriente, y el impulso que recibe solo es debido á la diferencia que hay entre la velocidad del fluido y la de la rueda. Pero como el impulso del agua es proporcional al cuadrado de su velocidad, el efecto dependerá del cuadrado de la diferencia de las dos velocidades espresadas. Ademas, la magnitud de este efecto depende tambien de la velocidad de que la rueda está animada, visto que la elevacion del peso resulta de ella inmediatamente. El efecto es pues proporcional al cuadrado de la diferencia de estas dos velocidades, multiplicada por la velocidad de la rueda, y es necesario que el producto de esta multiplicacion sea un *máximo* para el caso en que el efecto mecánico sea el mayor.

»Pero, segun las reglas de cálculo, se hallará que para que el cuadrado de la diferencia de dos cantidades, multiplicado por la menor de las dos, dé el mayor producto posible, es necesario que la menor cantidad sea el tercio de la mayor (1), y segun este modo de

(1) "Sea V la mayor de las dos cantidades, y v la menor. $V-v$ será su diferencia. El cuadrado de esta diferencia es $V^2-2Vv+v^2$; multiplicando por v, será $V^2v-2Vv^2+v^3$; debiendo ser el mayor posible, es necesario que sea nulo el incremento que tome, suponiendo que v aumente en una pequeña cantidad q. Pero este acre-

raciocinar, se concluiría que la rueda debe tomar el tercio de la velocidad de la corriente.

»Pero si está en la naturaleza del agua el padecer inevitablemente una pérdida de fuerza, cuando viene á chocar á un cuerpo sometido á su impulso, y si esta pérdida varía, segun la velocidad que toma la rueda, ó, lo que viene á ser lo mismo, segun la mayor ó menor intensidad del choque; si varía tambien de diferentes maneras en una multitud de circunstancias, de que se ha hecho mencion en los capítulos precedentes, nosotros no podemos mirar como verdaderos los resultados de investigaciones puramente especulativas, y en que no se toma en consideracion esta pérdida.

»No podemos, pues, aprender solo con auxilio del raciocinio, á qué grado de velocidad debe pertenecer el *máximo* efecto; pues que es preciso hacer entrar en la valuacion lo que corresponde á esta pérdida que parece no es posible determinar sinó por la esperiencia; aun es necesario considerar este valor así obtenido, como dependiente de las circunstancias particulares en que se verifican los esperimentos. Pero, como no podemos determinar por esperiencia la pér-

---

centamiento, suprimiendo las potencias superiores de q, es $q(V^2-4Vv+3v^2)$. Igualando á cero, se saca $v=\frac{1}{3}V$." Esta nota es literalmente la que pone *Mr. Christiam.* En ella se ve por una parte, que hay precision de hacer uso de los métodos que suministra el *Cálculo Diferencial*; y por otra, que de tal modo se desfigura el procedimiento que suministra dicho Cálculo para la investigacion de los *máximos y mínimos*, que aun los versados en este Cálculo tendrán dificultad en comprenderlo. Ademas, en este modo de espresarse, incurre *Mr. Christiam* en el descuido general, que hemos hecho notar, al tratar de los *máximos* y *mínimos* en la 2.ª edicion del 2.º tomo parte 2.ª de nuestro *Tratado Elemental de Matemáticas*, á saber, de suponer que toda espresion tiene valor máximo, y que se obtiene siempre igualando á cero su diferencial. Para resolver esta cuestion con arreglo á los principios exactos de *máximos* y *mínimos*, llamarémos z por ejemplo á dicha funcion; esto es, harémos $z=V^2v-2Vv^2+v^3$; en cuya ecuacion la cantidad V es constante, puesto que es la velocidad de la corriente, que, en cada caso particular es determinada. Por consiguiente, z es funcion solo de v; y aplicándole la regla (§ 54 II T. E.), resultará $\frac{dz}{dv}=V^2-4Vv+3v^2$; igualando á cero esta espresion, se tiene $V^2-4Vv+3v^2=0$; que, preparando (§ 252 T. E.) resulta $v^2-\frac{4}{3}Vv=-\frac{1}{3}V^2$ la cual resuelta (§ 253 I T. E.) da $v=\frac{2}{3}V\pm\sqrt{\frac{4}{9}V^2-\frac{1}{3}V^2}=\frac{2}{3}V\pm\frac{1}{3}V$; sepa-

dida de fuerza que resulta del impulso en un caso dado, sin reconocer al mismo tiempo á qué velocidad pertenece el *máximo* efecto, parece permitido concluir que solo á la esperiencia es á la que se debe recurrir para resolver esta cuestion mecánica, si no se quiere incurrir en los desvíos que se padecen por suposiciones gratuitas.

» La tercera cuestion enunciada mas arriba, á saber: *cual es la cantidad de movimiento trasmitida en las diversas circuntancias que se pueden presentar, no se puede resolver sinó con la segunda cuestion que acabamos de examinar*; ó mas bien *la una da la solucion de la otra*. Vamos, pues, á interrogar á la esperiencia en el capítulo siguiente, y ensayar encontrar esta doble solucion."

50 En el capítulo XXV inserta *Mr. Christiam los esperimentos sobre las ruedas de paletas*; y dice así: Pág. 306. "Muchos Autores han hecho en diversas épocas, investigaciones esperimentales sobre las ruedas de paletas; unos con el objeto de probar teorías que se habían formado de antemano; y otros para ensayar el deducir una teoría de la observacion del fenómeno complicado del impulso del agua contra las paletas de una rueda y de los efectos mecánicos que de ella resultan. Entre estos últimos *Bossut* y *Smeaton* nos parecen deben ser colocados en el primer rango. Los esperimentos que

---

rando los valores, se tiene $v=\frac{2}{3}V+\frac{1}{3}V=V$; y $v=\frac{2}{3}V-\frac{1}{3}V=\frac{1}{3}V$.

Hallando el segundo coeficiente diferencial, resulta

$\frac{d^2z}{dv^2}=-4V+6v$; sustituyendo en él V en vez de v, se tiene

$\frac{d^2z}{dv^2}=-4V+6V=2V$; valor que, siendo positivo, manifiesta que cuando $v=V$, la funcion es un *mínimo*, como en efecto se verifica segun lo espuesto en el texto.

Sustituyendo en el mismo coeficiente diferencial, por v, el valor $\frac{1}{3}V$, que se acaba de encontrar, se tiene

$\frac{d^2z}{dv^2}=-4V+\frac{6}{3}V=-4V+2V=-2V$; valor, que siendo negativo, manifiesta que cuando $v=\frac{1}{3}V$, el valor de Z es un *máximo*. Vemos, pues, que el mismo procedimiento da el *máximo* y el *mínimo*, y no solo el *máximo*, como supone *Mr. Christiam*, y la mayor parte de los Autores al ocuparse de materias análogas. Todo nos comprueba cuanto hemos manifestado al esponer la mencionada doctrina de los *máximos y mínimos* en la citada 2.ª edicion de nuestro Cálculo Diferencial é Integral.

nos han hecho conocer, juzgamos que merecen toda confianza; vamos á referirlos, así como los que hemos hecho nosotros mismos sobre este asunto.

» *Esperimentos de Bossut.*

51 » *Bossut* ha hecho tres series de esperimentos sobre las ruedas de paletas, á saber: la primera sobre una corriente mucho mas ancha que las paletas de la rueda; la segunda, sobre una corriente sobre poco mas ó ménos del mismo ancho; y la tercera, sobre estas dos especies de corrientes con paletas mas ó ménos inclinadas sobre el radio de la rueda. En estas tres series ha hecho variar el número de las paletas que llevaban las ruedas.

52 » *Primera serie de esperimentos.* La rueda de paletas de que se sirvió tenía 3 pies de diámetro esterior; las paletas estaban hechas de hoja de fierro de *media línea* de grueso, 5 pulgadas de ancho y 6 *pulgadas* de altura en el sentido del radio de la rueda. El diámetro del árbol de esta, era de 2 *pulgadas* y 6 *líneas.* Una cuerda de 2 *líneas* de diámetro se arrollaba sobre este árbol, pasaba sobre una pequeña poléa, de 3 *pulgadas* y 8 *líneas* de diámetro, y llevaba pesos en su estremo. *Bossut* había tomado las disposiciones necesarias para poder valuar fácilmente las fracciones de vuelta que hacía la rueda y pararla en momentos precisos. El todo pesaba 44 libras (se supone *francesas*, así como todas las dimensiones).

» La corriente sobre que se han hecho los esperimentos de esta primera serie, estaba contenida entre dos muros verticales, paralelos y distantes el uno del otro cerca de 12 á 13 pies. El ancho de las paletas era pues mas de 28 veces menor que el de la corriente. El fondo de este canal era un zampeado bastante unido, y la profundidad total del agua era de 7 á 8 pulgadas. Esta profundidad ha sido siempre igual para la misma serie de esperimentos.

» Para medir la velocidad del agua, el Autor se ha servido de un molinete muy ligero, colocado al lado de la rueda. Llevaba 6 pequeñas alas que se sumergían en el agua cerca de cuatro líneas. Se ha encontrado que la velocidad media del agua era de cerca de 2740 pulgadas en 40 segundos. La rueda se ha establecido de un modo sólido sobre la corriente; las paletas se introducían 4 pulgadas en el agua, segun la vertical. Su número podía ser aumentado y disminuido. Es supérfluo decir que, girando la rueda, se arrollaba la cuerda sobre el árbol y elevaba los pesos que ésta cuerda llevaba. El arco de rueda sumergido en el agua era de 77 grados y 53 minutos.

He aquí los resultados de estos esperimentos.

Número de paletas de la rueda.	Peso elevado espresado en libras.	Duracion de cada esperimento espresado en segundos.	Número de vueltas de la rueda.	Efecto mecánico espresado en libras elevadas á una pulgada de altura
Paletas.	Libras.	Segundos.	Vueltas.	Lib. elevadas á una pulgada.
48	24	60	$27\frac{19}{48}$	5160
24	24	60	$27\frac{7}{48}$	5088
24	40	60	$15\frac{28}{48}$	4840
12	40	40	$13\frac{15}{48}$	4160
24	30	40	$17\frac{22}{48}$	4110
24	35	40	$16\frac{25}{48}$	4515
24	40	40	$15\frac{28}{48}$	4840
24	45	40	$14\frac{31}{48}$	5130
24	50	40	$13\frac{34}{48}$	5300
24	55	40	$12\frac{37}{48}$	5445
24	56	40	$12\frac{28}{48}$	5488
24	57	40	$12\frac{19}{48}$	5550
24	58	40	$12\frac{10}{48}$	5568
24	59	40	$12\frac{4}{48}$	5605
24	60	40	$11\frac{40}{48}$	5640 máximo.
24	61	40	$11\frac{30}{48}$	5612
24	62	40	$11\frac{19}{48}$	5549
24	63	40	$11\frac{7}{48}$	5381
24	64	40	$10\frac{41}{48}$	5376
24	65	40	$10\frac{25}{48}$	5330
24	66	40	$10\frac{5}{48}$	5194

» Los cuatro primeros esperimentos de esta tabla se han hecho con el objeto de averiguar cual puede ser el influjo del número de paletas sobre el efecto mecánico producido por el impulso del agua. Se ve que el mayor producto de estos cuatro esperimentos corresponde al mayor número de paletas.

» Sin embargo, la diferencia que se nota entre el efecto producido por 48 paletas y por 24, en los dos primeros esperimentos, es muy pequeño en comparacion del que presentan los números de paletas 24, y 12 de los dos esperimentos siguientes; parece pues que sería demasiado aventurar el decir que es necesario dar á una rueda

el mayor número de paletas, que se pueda, sin debilitar la construccion, y sin cargarla demasiado *; hemos notado en nuestros propios esperimentos, que era necesario que la separacion de una paleta á la otra fuese tal, qué el fluido pudiese reunirse en el intérvalo de las dos paletas, despues de haber dividido, como lo hace obrando contra la superficie de una paleta. Si por su aproximacion, el fluido dividido primero no se puede reunir detras de cada una, se puede tener seguridad de que hay demasiadas paletas, y que son mas perjudiciales que útiles.

» En cuanto á la velocidad correspondiente al *máximo* efecto, vemos en la columna que representa los efectos mecánicos, y en la de los pesos, que es con 60 *libras* de carga cuando se ha obtenido el mayor producto. Se trata de saber ahora, cual es la relacion de las velocidades respectivas tanto de la corriente como de la rueda, en el caso del *máximo*.

» Pues que la rueda tiene 3 *piès* de diámetro, y hace $11\frac{40}{48}$ vueltas en 40 segundos, se sigue que su velocidad en la circunferencia es sobre poco mas ó ménos de 1338 *pulgadas* durante dicho tiempo; mas como las paletas están sumergidas 4 *pulgadas* en el agua, consideraré́mos la velocidad en el centro de impulso y disminuirémos en 2 *pulgadas* el diámetro de la circunferencia, encontramos entónces cerca de 1250 *pulgadas* de velocidad en 40 segundos. Recordemos que la velocidad de la corriente es de cerca de 2740 *pulgadas* durante este mismo tiempo; la velocidad de la rueda correspondiente al *máximo* efecto, y tomada en el centro del impulso, es pues á la velocidad de la corriente, sobre poco mas ó ménos, como 1250 á 2740, ó como 45 á 100, es decir, un poco mas de los dos *quintos* de la velocidad de la corriente; que si se tomase la velocidad de la rueda en la circunferencia esterior, la velocidad correspondiente al *máximo* efecto sería, sobre poco mas ó ménos, la mitad de la de la corriente. Es sensible que, en virtud de estos esperimentos, no se pueda valuar de un modo cierto la relacion que se encuentra entre la potencia mecánica gastada y el mayor efecto producido que parece ser 5640 *libras* elevadas á una *pulgada* de altura en 40 segundos.

53 » *Segunda serie de esperimentos.* La rueda que ha servido para

* Sin embargo, yo hubiera aumentado el número de las paletas hasta encontrar que el efecto útil disminuía. Despues observaría el espacio entre paleta y paleta, y viendo qué parte era allí del diámetro de la rueda, establecería por principio esta relacion, qué me parece no distaría mucho de la verdad.

esta segunda serie de esperimentos podía llevar sucesivamente 48, 24 y 12 paletas, todas dirigidas al centro de rotacion. Estas paletas tenían 5 *pulgadas* justas de ancho, es decir, segun la dimension perpendicular al plano de la rueda, y 4 á 5 *pulgadas* de altura, es decir, segun la dimension dirigida al centro. Ella se introduce en el canal rectangular de 600 *pies* de longitud, 5 *pulgadas* de ancho y 8 á 9 *pulgadas* de altura, que se aplica perfectamente á un orificio de la misma forma y del mismo ancho, abierto en el fondo de un depósito que permanece constantemente lleno de agua. La rueda está colocada á 50 *pies* del depósito: la altura constante del agua en el depósito sobre el fondo del canal era de *un pie*; el declive del canal es de $\frac{1}{10}$ de la línea de nivel.

»La rueda gira libremente, porque se necesita cerca de *media línea* para que los estremos de las paletas lleguen al fondo y las paredes del canal. El árbol horizontal de la rueda lleva una garganta ó carril cilíndrico de 2 pulgadas de diámetro, para recibir una cuerda que se le arrolla, y que, por medio de una poléa fija ó de retorno, como en los esperimentos precedentes, ha de subir los pesos, cuando el agua choca las paletas.

»El diámetro esterior de la rueda es de 3 *pies*, 1 *pulgada* y 11 *líneas*. La compuerta colocada en el orificio rectángular del depósito, se elevó á una *pulgada*; y la velocidad del agua en el canal era de 300 pies en 33 segundos. No se contaban las vueltas de la rueda, sinó cuando el movimiento ascensional del peso había venido á ser uniforme. En el parage donde la rueda estaba colocada, es decir, á 50 *pies* de distancia del depósito, el agua se elevaba sobre el fondo del canal, cerca de 13 á 14 *líneas*, y la mayor profundidad á que las paletas se sumergían, era cerca de 13 *líneas*. El arco sumergido de la rueda era, pues, de 24 grados y 50 minutos.

Número de las paletas de la rueda.	Peso elevado espresado en libras.	Duracion del movimiento espresada en segundos.	Número de vueltas de la rueda.	Efecto mecánico espresado en libras elevadas á una pulgada de altura.
Paletas.	Libras.	Segundos.	Vueltas.	Lib. elevadas á una pulgada.
48	12	60	33¼	2496
48	16	60	28½	2848
24	12	60	29	2184
24	16	60	25½	2560
12	12	60	25½	1920
12	16	60	19½	1952

»Estos esperimentos solo se han hecho con el objeto de manifestar que un número mayor de paletas dá un mayor efecto mecánico *. Lo mismo sucede con los que representa la tabla siguiente; el aparato ha sido el mismo, la velocidad del agua era 300 pies en 30 segundos; y había 2 *pies* de altura de agua en el depósito.

Número de las paletas de la rueda.	Peso elevado espresado en libras.	Duracion del movimiento espresada en segundos.	Número de vueltas de la rueda.	Efecto mecánico espresado en libras levantadas á una pulgada de altura.
Paletas.	Libras.	Segundos.	Vueltas.	Lib. levantadas á una pulg.
48	12	48	34	2556
48	16	48	31¼	3130
24	12	48	30⅓	2280
24	16	48	28½	2860
12	12	48	25	1884
12	16	48	23	2304

»Se ve manifiestamente en estas dos tablas, que el mayor producto corresponde al mayor número de paletas.

»Se podría todavía sacar la siguiente conclusion de estos esperimentos comparados con los de la precedente, á saber: que *los efectos*

* Repetimos que debería haberse aumentado el número de las paletas hasta que hubiese ido disminuyendo el efecto mecánico.

mecánicos se han aumentado sobre poco mas ó ménos en la misma relacion que las velocidades: en efecto, en las primeras, la velocidad era de 300 pies en 33 segundos, es decir de 9,09 pies; ó por segundo; y en los de la última tabla era de 300 pies en 30 segundos, ó de 10 *pies* por segundo; estas velocidades están, pues, en la relacion de 9,09 á 10, sobre poco mas ó ménos, como 2848 á 3130; véanse los números del segundo esperimento de cada tabla.

»Se ha vuelto á tomar la rueda de la primera serie de esperimentos, que tenía 48 paletas; pero en lugar de chocarla como entónces sobre una corriente ancha, se ha establecido sobre el mismo canal que ántes. La altura del agua era de 1 *pie* en el depósito, la compuerta se levantó 2 pulgadas, la velocidad era de 300 pies en 27 segundos. He aquí la tabla de los esperimentos que *Bossut* hizo con esta rueda, cuyas paletas eran sobre poco mas ó ménos del mismo ancho que la corriente.

Peso levantado espresado en libras.	Duracion del movimiento espresado en segundos.	Número de vueltas de la rueda.	Efecto mecánico espresado en libras levantadas á una pulgada.
Libras.	Segundos.	Vueltas.	Libras levantadas á una pulgada.
$30\frac{1}{2}$	40	$22\frac{12}{48}$	5332
31	40	$22\frac{4}{48}$	5379
$31\frac{1}{2}$	40	$21\frac{42}{48}$	5414
32	40	$21\frac{32}{48}$	5448
$32\frac{1}{2}$	40	$21\frac{20}{48}$	5469
33	40	$21\frac{8}{48}$	5488
$33\frac{1}{2}$	40	$20\frac{44}{48}$	5506
34	40	$20\frac{32}{48}$	5572 máximo.
$34\frac{1}{2}$	40	$20\frac{21}{48}$	5570
35	40	$19\frac{44}{48}$	5460
$35\frac{1}{2}$	40	$19\frac{15}{48}$	5384
36	40	$18\frac{28}{48}$	5184

»Se ve, que el *máximo* efecto corresponde al peso de 34 libras, con el cual la rueda ha hecho $20\frac{32}{48}$ vueltas. Comparando esta velocidad con la de la corriente, se halla que la primera es próximamente á la segunda, como 2 es á 5 que es, sobre poco mas ó menos, como en los esperimentos precedentes. Es sensible que el Autor no haya entrado en detalles suficientes para poder valuar la relacion

de la potencia mecánica gastada con el efecto producido. Aparentemente él no creyó deberse proponer este objeto.

54 »*Tercera serie de esperimentos.* Estos han tenido solamente por objeto reconocer la influencia de diversos grados de inclinacion de las paletas sobre el efecto producido. He aquí la tabla.

Posicion de las paletas.	Peso levantado espresado en libras.	Duracion del movimiento espresado en segundos.	Número de vueltas de la rueda.	Observaciones.
	Libras.	Segundos.	Vueltas.	La compuerta se ha levantado 2 *pulgadas*; la velocidad del agua, en el canalizo de los esperimentos precedentes, es de 300 *pies* en 27 segundos. La rueda lleva 48 paletas.
Dirigidas al centro..	34	40	$20\frac{26}{48}$	
8 grados de inclinacion	34	40	$19\frac{20}{48}$	
8 idem..	38	40	$17\frac{5}{48}$	
12 idem.	34	40	$19\frac{40}{48}$	
12 idem.	38	40	$17\frac{22}{48}$	
16 idem.	34	40	$20\frac{24}{48}$	

»Las paletas dirigidas al centro, dice *Bossut*, son mas ventajosas, en el caso del canal propuesto, que las paletas inclinadas 8 grados al radio, estas ménos ventajosas que las paletas inclinadas 12 grados, estas ménos ventajosas que las inclinadas 16 grados. El efecto es sobre poco mas ó ménos el mismo cuando las paletas son directas, y cuando son inclinadas 16 grados al radio. Todo esto, segun el Autor, es evidente á la inspeccion de la tabla de arriba. He aquí la esplicacion física: cuando las paletas se dirigen al centro, es necesario que cada una de ellas sea chocada perpendicularmente por el fluido, y que por consiguiente la percusion sea la mayor posible. Pero cuando están inclinadas al radio, la percusion es oblicua y se descompone en dos fuerzas: la una perpendicular á la paleta, que es la única que obra por el choque, la otra dirigida segun la paleta, que no obra por el choque, sinó que hace subir el agua á lo largo de la paleta; pero, como esta agua elevada permanece durante un cierto tiempo sobre la paleta, ella la comprime por su peso, y se puede hacer que el esfuerzo que de ella resulte compense sobre poco mas ó ménos la diminucion que el choque sufre por la oblicuidad bajo la cual es chocada la paleta. No se puede establecer en general cual es la mejor combinacion de estas diferentes fuerzas; ella depende de la velocidad, de la inclinacion de la corriente, y del peso levantado. Pero suponiendo que se

haya encontrado en efecto la posicion mas ventajosa de las paletas, esta ventaja se hará conocer tanto mas (á igualdad de las otras circunstancias), cuanto la rueda gire mas lentamente. En las ruedas puestas sobre canales que tienen poco declive, y en que el agua tiene la libertad de escaparse fácilmente despues del choque, conviene, segun el Autor, dirigir las paletas al centro. Al contrario, en los canalizos que tienen mucha inclinacion, las paletas deben estar inclinadas una cierta cantidad al radio; tanto para ser chocadas mas perpendicularmente como para recibir un aumento de fuerza por el peso del agua.

»*Bossut* ha dado la tabla siguiente para señalar el límite de inclinacion, que no se debe traspasar, en una corriente, tal como la de la primera serie de esperimentos y de que se ha usado para esta. La rueda lleva solo doce paletas, que están sumergidas 4 pulgadas en el agua.

Posicion de las paletas.	Peso levantado en libras.	Duracion del movimiento en segundos.	Número de vueltas de la rueda.
	Libras.	Segundos.	Vueltas.
Dirigidas al centro. . . .	40	40	$13\frac{17}{48}$
15 grados de inclinacion.	40	40	$14\frac{21}{48}$
30 idem	40	40	$14\frac{22}{48}$
37 idem	40	40	$14\frac{15}{48}$

»Se ve que con una corriente, como la de que se ha hecho uso, y en las mismas circunstancias, la oblicuidad mas ventajosa de las paletas se halla entre 15 y 30 grados. Se ve ademas, que hay siempre una cierta oblicuidad que no se debe traspasar, porque, segun la advertencia de *Bossut*, se perdería por la diminucion del choque mas de lo que se ganaría por el peso del agua que resbala sobre las paletas y las comprime.

Esperimentos de Smeaton sobre el mismo asunto.

55 »El aparato con el cual *Smeaton* ha hecho sus esperimentos sobre las ruedas de paletas estaba compuesto de una rueda que llevaba 24 paletas, y de un depósito rectangular puesto detras de la rueda, en el cual se mantenía el nivel del agua por medio de una

bomba, cuyo producto se conocía exactamente. El depósito tenía en su parte inferior una abertura vertical rectangular, cerrada por una compuerta, que se podía alzar y bajar á voluntad, para dar paso á mas ó ménos agua. Se detenía esta compuerta á la altura que se quería, por medio de una clavija que se introducía en agujeros hechos diagonalmente sobre la cara de la espiga de la compuerta, á fin de hacer variar ménos las alturas de la compuerta, pasando de un agujero á otro.

»El *canal*, ó mas bien el *canalizo*, sobre que giraba la rueda, era horizontal, y por consiguiente perpendicular á la abertura del depósito. Las paletas solo tenían en el canalizo el juego necesario para moverse libremente. La seccion horizontal del depósito era de 105,8 pulgadas cuadradas (1). La circunferencia de la rueda era de 75 pulgadas, y la del árbol, sobre que la cuerda se arrollaba, era de 9 pulgadas.

»Esta cuerda llevaba un platillo para recibir los pesos, y una *poléa móvil*, pesando 10 onzas entre ambos. Como esta cuerda era doble, en razon de la poléa móvil, una vuelta del árbol de la rueda no la elevaba sinó la mitad de la circunferencia de este árbol, es decir, 4 pulgadas y media. Las velocidades del agua en el canalizo fueron determinadas por la rueda misma, por medio de un contrapeso, como lo hemos indicado en el aparato para medir la velocidad de las aguas corrientes. *Smeaton* ha hecho variar estas velocidades en el curso de estos esperimentos, como vamos á verlo.

»Para valuar la cantidad de agua gastada en cada esperimento, ha hecho uso de la bomba destinada á llenar de agua el depósito; había sido ejecutada con tanto cuidado, que no perdiendo agua por los cueros del émbolo, suministraba precisamente la misma cantidad á cada golpe, sea que el movimiento fuese acelerado ó retardado; y como la amplitud de este movimiento era determinada, el producto de un solo golpe, ó mas exactamente el producto de doce golpes de émbolo, era conocido por la valuacion del agua en el depósito, cuyas dimensiones regulares hacían fácil su medida. Ademas, la compuerta por donde pasaba el agua á la rueda, podía fijarse á una cierta altura,

(1) "El pie ingles vale unos 0,305 de metro (1,093895 pies esp.). Las cantidades, de que se trata en estos esperimentos están espresadas en medidas inglesas. Lo que es indiferente, pues aquí no se buscan sinó relaciones."

Esta nota es de *Mr. Christiam*. Sin embargo, si alguno quisiese hacer la reduccion, hallará la correspondencia de las medidas inglesas con las españolas (§ 153 I T. E.).

por medio de una clavija: se podía conocer de este modo sin incertidumbre la cantidad de agua gastada bajo una carga cualquiera, por un orificio dado; porque bastaba observar cuantos golpes de émbolo eran necesarios en un minuto para tener el agua del depósito á una altura determinada, y multiplicar el número de golpes por la cantidad de agua suministrada en cada uno. El exámen de una serie de esperimentos va á aclarar todas estas disposiciones. 1.° La compuerta estaba detenida en el primer agujero, y la altura del agua en el depósito sobre el asiento de la campuerta era de 30 pulgadas. 2.° Se dieron en un minuto 39 golpes y medio de émbolo, y 12 golpes de émbolo elevan el agua en el depósito 21 *pulgadas.* 3.° La rueda, cargada del platillo vacío y de la poléa móvil, hacía 80 vueltas en un minuto. 4.° Por la accion sola del contrapeso, de una libra y 8 onzas, hacía 85 vueltas; y por la accion simultánea del agua y del contrapeso, hacía 86 vueltas; la velocidad efectiva del agua era, pues, equivalente á 86 vueltas de la rueda en un minuto.

Números de órden.	Peso elevado.	Número de vueltas de la rueda en un minuto.	Productos que resultan de la multiplicacion del número de vueltas por cada peso elevado.	Observaciones.
	Libras.	Vueltas.		
1	4	45	180	
2	5	42	210	
3	6	36¼	217½	
4	7	33¾	236¼	
5	8	30	240 *máximo.*	
6	9	26½	238½	
7	10	22	220	
8	11	16½	181½	
9	12	......	....	La rueda se ha detenido, porque el agua retrocedía en razon de la lentitud del movimiento de la rueda.

» *Smeaton* hace sobre esta serie de esperimentos las observaciones siguientes. 1.ª La circunferencia de la rueda, que es de 75 *pulgadas* multiplicada por 86, número de vueltas que ha hecho en un minuto,

cuando toma toda la velocidad del agua, da 6450 *pulgadas*, para el valor de la velocidad del agua en el mismo tiempo. Esta velocidad dividida por 60, da por cociente 107,$^{\text{pulg.}}$5 que es la velocidad por segundo, la cual es debida á una altura de 15 *pulgadas*. La seccion horizontal del depósito que es de 105,8 *pulgadas cuadradas*, multiplicada por el peso de *una pulgada* cúbica de agua, es decir, por 0,579 de la onza *avoir du poids* (1), se tendrá 61,$^{\text{onz.}}$26 ó 3,$^{\text{lib.}}$83 para el peso de una capa horizontal del depósito de *una pulgada* de grueso. Este peso multiplicado por 21 *pulgadas* de altura del agua sobre el asiento de la compuerta, da 80,43 libras para el producto de doce golpes de émbolo; y para el producto de 39 golpes y medio, suministrado y gastado en un minuto, 264,75 libras. Ahora, estas 264,$^{\text{lib.}}$75 de agua deben considerarse como que han descendido de 15 pulgadas de altura en un minuto, altura *debida* á la velocidad de la corriente. El producto de estos números ó 3970 *libras* elevadas á *una pulgada*, será pues el valor de la potencia del agua empleada en producir los efectos mecánicos, cuya espresion vamos á dar á conocer.

»La velocidad de la rueda, correspondiente al *máximo* efecto era, como se ve, de 30 vueltas por minuto, número que multiplicado por 9 *pulgadas*, circunferencia del árbol, da 270 *pulgadas*. Mas como, segun hemos dicho arriba, el platillo con los pesos estaba suspendido por una poléa móvil y una doble cuerda, el peso era solamente elevado á la mitad de esta altura, es decir, á 135 *pulgadas*.

»La carga del platillo, correspondiente al máximo efecto, es de.	8 libras.
»El peso del platillo de la poléa es de.	10 onzas.
El contrapeso, el platillo y la poléa pesan juntos. . .	12 onzas.
La suma de las resistencias era pues de. . . .	9 lib. 6 onzas.
ó	9,375 libras.

»El peso de 9,375 libras, multiplicado por la altura de 135 *pulgadas* á que él está elevado, da 1266 libras elevadas á una *pulgada* para la espresion del *máximo* efecto: así, la relacion de la potencia al efecto es la de 3970 á 1266, ó de 10 á 3,18. Pero aun cuando este sea el mayor efecto simple del impulso del agua sobre esta rueda de paletas, sin embargo, como este efecto no aniquila en-

(1) La onza *avoir du poids* contiene cerca de 533 granos, peso de marco frances ó de 0,0283 quilogramas y la libra cerca de 453,25 gramas (0,98556 de la libra esp.).

teramente la potencia del fluido en movimiento, la relacion precedente no será la verdadera relacion de esta potencia á la suma de los efectos que es capaz de producir; porque, como el agua debe necesariamente abandonar la rueda, despues de haberla chocado, con la misma velocidad que ella ha comunicado á la circunferencia de esta rueda, es claro que el fluido permanece, despues del choque, animado de una cierta porcion de su potencia primitiva.

»La velocidad de la rueda correspondiente al *máximo* efecto, es de 30 vueltas por minuto, y por consiguiente su circunferencia se mueve en razon de 3,125 pies por segundo, cuya altura *debida* es de 1,82 pulgadas; multiplicando esta altura por la cantidad de agua gastada en un minuto, es decir, por 264,75 libras, se tendrá 483 para la espresion de la potencia que conserva el agua, despues que ha pasado las paletas de la rueda, número que, restado de la potencia primitiva 3970, da 3486 para la porcion de la potencia realmente empleada en producir el efecto 1266; luego la porcion de potencia gastada para producir el efecto es al mayor que ella es susceptible de producir, como 3486 es á 1266, ó como 10 á 3,63, ó como 11 es á 4.

2.ª »La velocidad del agua, que choca la rueda, se ha encontrado igual con 86 vueltas de esta rueda por minuto, y la velocidad de la rueda correspondiente al *máximo* efecto, ha sido de 30 vueltas; la velocidad del agua será pues á la de la rueda como 86 es á 30, ó como 10 es á 3,5, ó como 20 es á 7.

3.ª »En fin, se ha visto que la carga del platillo correspondiente al *máximo* efecto era de 9 *libras*, y 6 onzas, y que la rueda dejaba de moverse cuando el platillo estaba cargado con un peso de 12 libras, á que añadiendo el peso de este platillo, ó 10 onzas, se halla la relacion de 3 á 4 para la que existe entre la carga correspondiente al *máximo* efecto y la carga bajo la cual el movimiento de la rueda es detenido.

»*Smeaton* ha consignado en la tabla siguiente otras series de esperimentos, que dan lugar á observaciones mas estensas sobre esta materia. Se continuó haciendo uso en ella de las medidas inglesas.

Tabla de los esperimentos de Smeaton, sobre las ruedas de paletas.

1	2	3	4	5	6		7		8	9	10	11	12	13	
Número de los esperimentos.	Altura del agua en el depósito.	Número de vueltas de la rueda no cargada.	Altura *debida* á la velocidad del agua segun la columna precedente.	Número de vueltas de la rueda en el *máximo* efecto.	Carga que detiene el movimiento de la rueda.		Carga correspondiente al *máximo* efecto.		Cantidad de agua gastada en un minuto.	Potencia mecánica.	Efecto mecánico.	Relacion entre la potencia y el efecto.	Relacion entre la velocidad del agua y la de la rueda.	Relacion entre la carga que hace equilibrio al movimiento y la correspondiente al *máximo* efecto.	Altura de la compuerta.
	Pulg.		*Pulgadas*		*lib.*	*onz*	*lib.*	*onz.*							
1	33	88	15,75	30	13	10	10	9	275	4358	1411	10:3,24	10:3,4	10:7,75	La clavija se coloca en el primer agujero de la espiga de la compuerta.
2	30	86	15,0	30	12	10	9	6	264,7	3970	1266	10:3,2	10:3,5	10:7,4	
3	27	82	13,7	28	11	2	8	6	243	3329	1014	10:3,15	10:3,4	10:7,5	
4	24	78	12,38	27,7	9	10	7	5	235	2890	901,4	10:3,12	10:3,55	10:7,53	
5	21	75	11,4	25,9	8	10	6	5	214	2439	735,7	10:3,02	10:3,45	10:7,32	
6	18	70	9,95	23,5	6	10	5	5	199	1970	561,8	10:2,85	10:3,36	10:8,02	
7	15	65	8,54	23,4	5	2	4	4	178,5	1524	442,5	10:2,9	10:3,6	10:8,3	
8	12	60	7,29	22	3	10	3	5	161	1173	328	10:2,8	10:3,77	10:9,1	
9	9	52	5,47	19	2	12	2	8	134	733	213,7	10:2,9	10:3,65	10:9,1	
10	6	42	3,55	16	1	12	1	10	114	404,7	117	10:2,82	10:3,8	10:9,3	
11	24	84	14,2	30,75	13	10	10	14	342	4890	1505	10:3,075	10:3,66	10:7,9	En el 2.º agujero.
12	21	81	13,5	29	11	10	9	6	297	4009	1223	10:3,01	10:3,62	10:8,05	
13	18	72	10,5	26	9	10	8	7	285	2993	975	10:3,25	10:3,6	10:8,75	
14	15	69	9,6	25	7	10	6	14	277	2659	774	10:2,92	10:3,62	10:9	
15	12	63	8,0	25	5	10	4	14	234	1872	549	10:2,94	10:3,97	10:8,7	
16	9	56	6,37	23	4		9	13	201	1280	390	10:3,05	10:4,1	10:9,5	
17	6	46	4,25	21	2	8	2	4	167,5	712	212	10:2,98	10:4,55	10:9	
18	15	72	10,5	29	11	10	9	6	357	3748	1210	10:3,23	10:4,02	10:8,05	En el 3.º
19	12	66	8,75	26,75	8	10	7	6	330	2887	878	10:3,05	10:4,05	10:8,1	
20	9	58	6,8	24,5	5	8	5		255	1734	541	10:3,01	10:4,22	10:9,1	
21	6	48	4,7	23,5	3	2	3		228	1064	317	10:2,99	10:4,9	10:9,6	
22	12	68	9,3	27	9	2	8	6	359	3338	1006	10:3,02	10:3,97	10:9,17	En el 4.º
23	9	58	6,8	26,25	6	2	5	13	332	2257	686	10:3,04	10:4,52	10:9,5	
24	6	48	4,7	24,5	3	12	3	8	262	1231	385	10:3,13	10:5,1	10:9,35	
25	9	60	7,29	27,3	6	12	6	6	355	2588	783	10:3,03	10:4,55	10:9,45	En el 5.º
26	6	50	5,03	24,6	4	6	4	1	307	1544	450	10:2,92	10:4,9	10:9,3	
27	6	50	5,03	26	4	15	4	9	360	1811	534	10:2,95	10:5,2	10:9,25	En el 6.º

» Se ve en esta tabla, que *Smeaton* ha hecho variar todas las condiciones de la cuestion, en lo que concierne á la altura de la carga en el depósito, la abertura de la compuerta y los pesos con que la rueda se ha cargado sucesivamente. Solo hay constante en ella las dimensiones de la rueda, el número de paletas, su forma y sus dimensiones, así como las del canalizo. La velocidad de la corriente, la velocidad de la rueda en el *máximo* efecto, la potencia mecánica gastada, y el efecto producido han variado tambien. Por medio de estas disposiciones, el Autor ha podido ofrecer soluciones esperimentales de muchas cuestiones que vamos sucesivamente á examinar.

56 » 1.ª Dos corrientes de agua, que tuviesen las mismas velocidades, serían consideradas como teniendo la *misma altura debida*; pero las alturas *reales* del agua sobre el asiento de la compuerta serían diferentes, si las aberturas lo fuesen; porque es necesario ménos altura de agua en el depósito para obtener una cierta velocidad con una grande abertura, que la que es necesaria con menor abertura, para obtener la misma velocidad. En este caso, las masas de agua corridas son diferentes, aunque se corren con la misma velocidad; los gastos varían pues de una manera proporcional á la diferencia de las aberturas de salida. Esto bien entendido, se puede preguntar: *dadas dos corrientes, con la misma velocidad, pero cuyas aberturas de compuerta son diferentes ¿cuál es la relacion del efecto producido con las cantidades de agua gastadas?*

» Tomemos en la tabla los esperimentos que se verifican bajo las mismas alturas *debidas*, es decir, aquellos en que la rueda ha hecho en el mismo tiempo el mismo número de vueltas; hallamos que, en los esperimentos números 8 y 25, la altura *debida* para cada uno es de 7,29; que las cantidades de agua gastadas estan en la relacion de 161 á 355, y los efectos respectivos producidos en la de 328 á 785. Pero, comparando estas dos relaciones, resultan sobre poco mas ó ménos iguales, porque 161 : 355::328 : 723. Este último número no difiere del de la esperiencia, sinó en 62 (que es poco mas que $\frac{1}{12}$).

» Haciendo las mismas comparaciones con los números 13 y 18; los 20 y 23; los 21 y 24; los 26 y 27, se hallan sobre poco mas ó ménos los mismos resultados; de donde el Autor concluye *que los efectos mecánicos producidos por dos corrientes que obran con la misma velocidad, sobre una rueda de paletas, son como las cantidades de agua gastadas*. Así, con un gasto doble ó triple de agua en el mismo tiempo, se obtiene un efecto mecánico doble ó triple, sobre poco mas ó ménos.

57 »2.ª Como se puede hacer el mismo gasto de agua con aberturas diferentes de compuerta cuando la velocidad ó si se quiere las alturas de carga varían, se presentan casos en que sería interesante conocer la relacion del efecto producido con la velocidad de la corriente, ó con la altura de la carga: los esperimentos números 2 y 24; 1 y 10; 11 y 17 de la tabla, parecen probar, que *permaneciendo un mismo gasto de agua, los efectos producidos son aproximadamente como las alturas de cargas respectivas ó como los cuadrados de las velocidades.* De donde se podría concluir, que si la corriente de que se hace uso como potencia motriz, recibiese una velocidad doble, se obtendría un efecto cuádruplo; pero es necesario notar, que este efecto cuádruplo comprende aquí todas las resistencias, y no el efecto útil solamente. Tambien el rozamiento, que aumenta con la velocidad de las piezas que le padecen, es una parte importante de este efecto cuádruplo; y no se sigue de aquí que con una velocidad doble se podrá, por ejemplo, obtener un producto cuádruplo en filatura ó en otras operaciones mecánicas, que ofrezcan muchos rozamientos. En los esperimentos de *Smeaton*, estos se hallan contrabalanceados por un contrapeso.

58 »3.ª En fin, se podrá concluir de los esperimentos números 1 y 10; 11 y 17; 18 y 21; 22 y 24, *que la abertura de la compuerta siendo la misma, el efecto producido es sobre poco mas ó ménos como el cubo de la velocidad del agua en el canalizo*; á lo que importa aplicar la nota del párrafo precedente.

59 »*Smeaton* hace ademas sobre estos diversos esperimentos las observaciones siguientes. Comparando las columnas 2.ª y 4.ª de la tabla, se reconoce evidentemente que la altura *debida* á la velocidad no tiene proporcion cierta con la altura de la columna de agua en el depósito; pero que, cuando la abertura de la compuerta es mayor, ó la velocidad del agua que sale por ella es mas pequeña, estas dos cantidades se aproximan mas á coincidir entre sí: de donde se sigue que en las grandes aberturas de molinos y compuertas, donde se gastan grandes cantidades de agua bajo cargas medianas, la altura efectiva de la columna y la alturá *debida* á la velocidad efectiva se aproximan á coincidir, como la esperiencia lo confirma.

»Comparando las diversas relaciones de la potencia con el efecto, indicadas en la columna 11.ª de la tabla, se ve que la relacion mas general es la de 10 á 3. Las relaciones estremas son las de 10 á 3,2, y de 10 á 2,28. Mas como se observa que cuando la cantidad de agua ó su velocidad, es decir, cuando la potencia del agua, es mas

grande, el segundo término de la relacion precedente viene á ser tambien mayor, hay bastante fundamento para admitir que la relacion, de que se trata, es la de 3 á 1 en las grandes máquinas.

»En cuanto á las relaciones de las velocidades del agua y de la rueda, indicadas en la columna 12.ª, están comprendidas entre las relaciones de 3 á 1 y de 2 á 1. Mas como el primero de estos límites conviene á las mayores velocidades, y el segundo á las mayores cantidades de agua gastadas, se sigue que la relacion media entre las velocidades del agua y de la rueda es en general de 5 á 2.

»Si se comparan despues los números puestos en la columna 13.ª, se ve que no hay ninguna relacion constante entre la carga que la rueda puede levantar en el caso del *máximo* efecto, y es capaz de parar el movimiento de la rueda; pero que esta relacion se halla comprendida entre las de 20 á 19 y de 20 á 15. Por otro lado, como esta relacion se aproxima mas á la de 20 á 15 ó de 4 á 3, cuando la potencia viene á ser mayor, sea por el acrecentamiento de la velocidad, sea por el aumento del volúmen de agua gastada, parece que dicha relacion es particularmente aplicable á las grandes máquinas. Sea de esto lo que quiera, la carga que una rueda debe sostener, para producir el efecto mas ventajoso, pudiéndose deducir del conocimiento de este efecto y de la velocidad de que la rueda debe estar animada para producirle, se ve que la determinacion exacta del mayor peso que puede sostener, es de poca importancia en la práctica.

»*Smeaton* redujo á doce el número de las paletas de la rueda; se nota una diminucion de efecto, porque se escapaba mayor cantidad de agua entre las paletas y el fondo del canalizo; pero habiendo recubierto el fondo de este con una plancha circular de una longitud, tal que una de las paletas entraba en la curva ántes que la paleta anterior hubiese salido de ella, se obtuvieron efectos que coincidieron con los precedentes al punto que no se puede esperar aumentarlos llevando mas allá de 24 el número de las paletas de la rueda puesta en esperimento.

60 »Antes de hablar de los esperimentos que hemos hecho nosotros mismos (habla *Mr. Christiam*) sobre este asunto, debemos hacer las observaciones siguientes sobre los de *Smeaton*: 1.ª Si se comparasen los diversos efectos mecánicos que él ha obtenido, y espresado en la 10.ª columna de la tabla, con la potencia que él ha empleado realmente en cada esperimento, no se hallarán ya las relaciones presentadas en la 11.ª columna. En efecto, si tomamos uno de estos es-

perimentos, el primero por ejemplo, vemos que el agua en el depósito se ha mantenido constantemente á la altura de 33 *pulgadas*, por la accion de la bomba que debía renovarla á medida que se gastaba. Esta cantidad de agua ha caido pues de toda ésta altura, y la potencia mecánica gastada efectivamente era equivalente á la masa de agua que corría, mientras duraba el esperimento, multiplicada por la altura media del líquido en el depósito. Deduciendo de aquí, como lo ha hecho *Smeaton*, la altura de la caida, por la velocidad del agua en el canalizo, y tomando esta altura por factor de la potencia, solo se tiene por resultado un valor relativo al aparato de que se ha servido; y las relaciones entre las potencias y los efectos, que ha dado *Smeaton*, no pueden en rigor considerarse como aplicables sinó en el caso comprendido en las mismas circunstancias.

2.ª »En fin, no parece que se deban considerar los pesos de la 6.ª columna, y que detienen el movimiento de la rueda, como representando los que serían necesarios para hacer equilibrio al impulso del agua contra las paletas espuestas á la corriente. El Autor mismo dice, que cuando la rueda se mueve con bastante lentitud para no arrastrar el agua suministrada por la compuerta, á medida que ella estaba chocada, esta agua retrocedía hácia la abertura del depósito y la rueda cesaba de moverse. Pero se debe presumir que este efecto dependía en gran parte de las disposiciones del aparato; y que si se hubiese querido estimar realmente la fuerza de impulso contra la rueda, hecha inmóvil por un peso suficiente, hubiera sido necesario emplear uno mas considerable, y las relaciones entre la carga que hace equilibrio á la corriente, y la que corresponde al *máximo* efecto, hubieran sido mayores que las indicadas en la columna 13.ª de la tabla. Al ménos nuestros propios esperimentos nos conducen á pensarlo, como vamos á manifestar.

Nuevos esperimentos sobre las ruedas de paletas (hechos por Mr. Christiam).

61 »Hemos hecho dos series de esperimentos sobre las ruedas de paletas, la una en una corriente mas ancha que las paletas, y la otra en un canalizo en que la paleta solo tenía el juego necesario para el movimiento libre de la rueda.

»*Primera serie de esperimentos.* Nos hemos servido para esta primera serie del mismo aparato (fig. 3 lám 1.ª) descrito (34) solamente se ha sustituido á la varilla de madera que contenía los diversos planos destinados á recibir el impulso del agua, una pequeña rueda de hoja de lata de dos metros justos de circunferencia esterior.

El árbol de esta rueda sobre el cual se arrollaba la pequeña cuerda que sostenía el platillo y sus pesos, tenía 81 milímetros de circunferencia. Se ajustó sobre uno de los gorrones de este árbol una aguja que señalaba sobre un círculo dividido las fracciones de vuelta que hacía la rueda.

»Esta llevaba 33 paletas, de 5 centímetros de altura en el sentido del radio y 10 centímetros de ancho. Como el canal tenía 20 centímetros de ancho, las paletas solo ocupaban la mitad de este ancho; en todos los esperimentos han sido enteramente sumergidas en el agua. La velocidad de la corriente era, como ántes, de un metro por segundo. No se han principiado á contar las vueltas en cada esperimento, sinó despues de dos vueltas de la rueda, cuando parecía moverse con uniformidad.

»Se notará que esta rueda, haciendo abstraccion de sus dimensiones, se halla casi en las mismas circunstancias que una rueda de paletas colocada simplemente sobre la corriente de un rio. La rueda sin carga daba 15 vueltas en 30 segundos, y para tenerla en equilibrio contra el impulso de la corriente, era necesario un peso de 7,775 quilógramas, comprendido el peso del platillo.

»La tabla siguiente presenta los resultados de los esperimentos hechos con este aparato.

Número de los esperimentos.	Duracion de cada esperimento.	Número de vueltas de la rueda.	Peso levantado comprendido el del platillo.	Efecto mecánico espresado en quilógramas levantadas á 81 milímetros.
	Segundos.	Vueltas.	Quilógramas.	
1	30	9	2,075	18,675
2	30	$8\frac{1}{2}$	2,475	21,037
3	30	$7\frac{3}{4}$	2,775	21,506
4	30	7	3,075	21,525 máximo.
5	30	6	3,575	21,450
6	30	$5\frac{1}{2}$	3,875	22,312
7	30	$5\frac{1}{3}$	3,925	20,933

»Cada uno de estos esperimentos se ha repetido muchas veces; los de la misma especie han dado resultados muy poco diferentes los unos de los otros, y para mayor exactitud, son los términos medios los que hemos consignado en cada número de la tabla.

»Se ve que la velocidad, en el *máximo* efecto, corresponde á 7

vueltas de la rueda. Luego si tomamos simplemente la circunferencia esterior de esta, encontramos que dicha velocidad es de 14 metros en 30 segundos; que por consiguiente, es á la velocidad de la corriente como 0,47 á 1. Nos parece mas cómodo para la práctica, considerar las circunferencias esteriores de las ruedas para deducir de ellas las velocidades, que las que corresponden á los centros de impulso; por otra parte, como es siempre conveniente dar poca altura á las paletas, hay poca diferencia entre una circunferencia y la otra *.

»Para determinar la relacion entre el efecto producido y la potencia mecánica gastada, acordémonos que las paletas tienen 10 centímetros de ancho sobre 5 de altura, ó 50 centímetros cuadrados y que se sumergen enteramente en el agua; ademas, que la corriente anda 30 metros en 30 segundos.

»La masa de agua, que obra, puede considerarse desde entónces como un prisma de agua de 50 centímetros cuadrados de base, y de una longitud igual á 30 metros ó 3000 centímetros; lo que equivale á un peso de 150,000 centímetros cúbicos ó 150,000 gramas, ó en fin 150 quilógramas.

»Pero este peso ha caido de una altura *debida* á una velocidad de 1 metro por segundo, y esta altura es sobre poco mas ó ménos de 5 centímetros. La potencia mecánica es pues equivalente á 150 quilógramas, multiplicadas por 5 centímetros, cuyo producto representa 750 quilógramas elevadas á un centímetro de altura en 30 segundos. Pero el efecto es de 21,525 quilógramas elevadas á 8,1 centímetros en el mismo tiempo, ó de 174,35 quilógramas elevadas á 1 centímetro; la relacion de la potencia al efecto parece pues ser como 750 es á 174,35 ó sobre poco mas ó ménos como 9 es á 2.

62 »*Segunda serie de esperimentos*. Estos han sido hechos con el aparato siguiente (fig. 4 lám. 1). A,A' son dos depósitos rectangulares unidos uno á otro y comunicándose por una ancha abertura a. El depósito A' próximo á la rueda, lleva una compuerta b, cuya espiga se eleva hasta b' sobre el depósito. El otro depósito A recibe el flotador C, que se maneja con un torno (que lleva su trinquete para que no retroceda); el volúmen del flotador representa exactamente un volúmen de agua del peso de 450 quilógramas; de manera, que cuando el flotador se halla enteramente sumergido, se han gastado 450 quilógramas de agua. Una regla dividida C' sirve para

* Sin embargo, esto puede inducir á equivocaciones.

dirigir el descenso del flotador y mantener un nivel constante. La caída total del agua, desde su nivel *D* hasta la parte inferior de la rueda *D'* es de 2,484 metros. Así, cuando el flotador ha hecho salir del depósito un volúmen de agua igual al suyo, 450 quilógramas de agua han caido de 2,484 metros. *E* rueda de paletas, cuyo diámetro es de 3,280 metros sin contar la altura de las paletas. Estas tienen 30 centímetros de ancho sobre 20 de altura en el sentido del radio de la rueda, cuyo diámetro total, comprendiendo las paletas, es por consiguiente de 3,320 metros.

»Esta rueda lleva un tambor *F* sobre el cual se arrolla una cuerda de un centímetro de diámetro; la circunferencia de este tambor, comprendiendo la cuerda, es exactamente de 1,523 metros. *GG'*, canalizo, que abraza una parte de la circunferencia de la rueda, dejando á las paletas solo el juego necesario para moverse; el ancho de la abertura de compuerta es de 30 centímetros como las paletas. *H*, platillo para recibir los pesos que la rueda debe levantar, *H'* poléa móvil, y *H''* poléa fija con su doble cuerda.

»Las dos tablas que siguen dan los resultados de los esperimentos hechos con este aparato. En los de la primera, la rueda llevaba 60 paletas; en los de la 2.ª, solo 30."

1.ª Tabla. 60 paletas... (En el cálculo de los números de la 3.ª y 6.ª columna, se han despreciado algunas fracciones que no influyen en los resultados generales).

Número de los esperimentos.	Carga de la rueda, comprendiendo en ella el platillo y los rozamientos.	Altura á que se ha elevado el peso.	Número de vueltas de la rueda.	Duracion del movimiento.	Efecto producido espresado en quilógramas elevadas á un metro de altura.
	Quilógramas.	Metros.	Vueltas.	Segundos.	Quilógramas.
1	134	1,733	$2\frac{5}{18}$	8	232,222
2	154	1,523	2	8	234,542
3	177	1,332	$1\frac{3}{4}$	8	235,764
4	198	1,268	$1\frac{2}{3}$	8	251,064
5	220	1,205	$1\frac{7}{12}$	8	265,100
6	241	1,120	$1\frac{17}{36}$	8	269,920
7	$262\frac{1}{2}$	1,035	$1\frac{13}{36}$	8	271,687 máximo.
8	284	0,888	$1\frac{1}{6}$	8	252,192
9	$306\frac{1}{2}$	0,739	$0\frac{35}{36}$	8	226,503
10	$327\frac{1}{2}$	0,676	$0\frac{8}{9}$	8	221,390
11	$373\frac{1}{2}$	0,380	$0\frac{1}{2}$	8	141,930

2.ª Tabla. 30 paletas.

1	177	1,395	$1\frac{15}{18}$	8	246,915
2	198	1,268	$1\frac{12}{18}$	8	250,064
3	220	1,183	$1\frac{10}{18}$	8	260,260
4	241	1,099	$1\frac{8}{18}$	8	264,859
5	$264\frac{1}{2}$	1,014	$1\frac{6}{18}$	8	266,175 máximo.
6	284	0,845	$1\frac{2}{18}$	8	239,980

»Cada uno de estos esperimentos se ha repetido muchas veces con todo el esmero que ha sido posible poner en el empléo de una rueda de un diámetro tan grande. A la verdad, la duracion de cada esperimento ha sido corta, y nos hemos visto precisados á contar bien las vueltas que ha hecho la rueda desde el momento mismo en que principiaba á menearse, sin esperar á que el movimiento hubiese llegado á la uniformidad; pero tambien se han hecho en las principales circunstancias que acompañan á la accion del agua sobre una

rueda ordinaria de paletas, con destino á los trabajos industriales. Hemos empleado, ademas, una cantidad de potencia mecánica bien determinada y exenta de toda especie de incertidumbre; porque hemos tenido cada vez 450 quilógramas de agua cayendo de 2,484 metros de altura.

» La rueda, sin carga, hacía sobre poco mas ó ménos tres vueltas durante el desagüe de 450 quilógramas de agua; desagüe, que, como se ve en la tabla, se verifica en 8 segundos. Notarémos que la primera vuelta se verificaba en 4 segundos; la rueda tenía por consiguiente una velocidad doble, despues de esta primera vuelta. La carga que ponía la rueda en equilibrio con la accion del agua era equivalente á 545 quilógramas.

63 » Si queremos ahora comparar la velocidad de la rueda correspondiente al *máximo* efecto, con su velocidad sin carga, atenderémos á que la rueda cargada no ha hecho en general dos vueltas, mientras la duracion de la mayor parte de los esperimentos, y que para hacer una comparacion mas exacta de estas velocidades, contarémos todas las vueltas que hace la rueda en estos dos casos; aunque en el primer instante el movimiento haya sido acelerado. Todo en el supuesto de que hubiese sido preferible hacer durar cada esperimento bastante tiempo, para no contar el movimiento sinó cuando hubiese llegado á la uniformidad, lo que hubiera exigido un aparato y una enorme masa de agua. Sin embargo, no pensamos haya que temer algun error considerable, tomando el movimiento en el instante en que la rueda principia á menearse tanto cargada como sin carga.

» Acordémonos, pues, de que el diámetro de la rueda, sin las paletas es de 3,280 metros, y que, añadiendo la altura de las paletas, es de 3,320 metros; de donde se sigue que el diámetro medio es 3,300 y la circunferencia, de 10,371 metros. Pero, en 8 segundos, la rueda sin carga ha hecho tres vueltas, y su velocidad ha sido de 31,114 metros durante este tiempo, mientras que la rueda en el *máximo* efecto ha hecho, segun la primera tabla, una vuelta y $\frac{13}{36}$ en el mismo tiempo; y su velocidad ha sido de 14,116 metros; y despues del segundo, una vuelta $\frac{6}{18}$ habiendo sido la velocidad de 13,825 metros; la velocidad de la rueda sin carga es pues á su velocidad en el *máximo* efecto, cuando la rueda tiene 60 paletas, como el número 31,114 es al número 14,116, sobre poco mas ó ménos, como 2,2 á 1, y con 30 paletas, como 31,114 es á 13,825, sobre poco mas ó ménos, como 2,25 es á 1; de donde resulta que la velocidad de la rueda, en el *máximo* efecto parece evidentemente deber ser un poco menor

que la mitad de la que tomaría la rueda que se hiciese girar sin carga por el impulso del agua.

» En cuanto á la relacion que existe entre el efecto producido en el *máximo* efecto, y la potencia mecánica *realmente gastada*, vemos en la primera tabla, que el efecto se halla representado por 271,687 quilógramas elevadas á 1 metro de altura, y en el segundo, por 266,175 quilógramas elevadas á un metro. La potencia mecánica, que ha producido estos efectos, se halla representada por 450 quilógramas caidas de 2,484 metros de altura, ó, lo que es lo mismo, por el producto de estos dos números 1117,800 quilógramas á 1 metro; la potencia gastada es, pues, al efecto producido en el primer caso, como el número 1117,800 es al número 271,687, ó sobre poco mas ó ménos como 4,11 es á 1. Y en el segundo caso, como 1117,800 es á 266,175, ó sobre poco mas ó ménos como 4,19 es á 1.

» Estos resultados son un poco mayores que los de nuestros esperimentos con la rueda pequeña; pero es necesario notar que las paletas de esta solo tenían la mitad del ancho de la corriente, y que ademas hemos comprendido en la carga de la rueda mayor los rozamientos de las poléas y las resistencias ocasionadas por el arrollamiento de la cuerda; rozamientos y resistencias que hemos determinado por esperimentos, y para cada peso que ha llevado el platillo. Volverémos sobre este asunto, para aplicar á cuestiones de práctica los hechos y teorías que acabamos de esponer, cuando hayamos estudiado la accion del agua por presion sobre las ruedas de cajones."

64 Mr. *Christiam* en el capítulo XXVI trata *de los esperimentos relativos á la accion del agua por presion, sobre las ruedas de cajones; y dice así:*

Pág. 335. "Las ruedas que reciben la accion del agua por presion, llevan en sus circunferencias unas especies de vasos, que se llaman *cangilones*, *arcaduces*, ó *cajones*, en los cuales el agua cae, á medida que se presenta al orificio del canal por donde sale; la rueda es pues conducida por el peso del agua contenida en los cajones. La teoría de este modo de accion ha sido desenvuelta en nuestras consideraciones generales sobre los motores (*); recordarémos aquí sin embargo: 1.° que la mayor carga que una rueda de cajones puede sostener, es equivalente á la cantidad de agua que los cajones se hallan en estado de contener, cuando están colocados convenientemente para recibirla de su orificio de salida y para retener la que han re-

(*) V. la primera parte de nuestra Mecánica industrial II C.

cibido; con esta carga habría equilibrio entre la resistencia y la fuerza de presion, y no resultaría entónces ningun efecto mecánico. 2.º Que el límite de la mayor velocidad, que la rueda no cargada puede tomar, límite que no puede rigorosamente alcanzar, es la que adquiriría un cuerpo grave cayendo de la altura del depósito hasta debajo de la rueda; pero entónces no hay efecto mecánico producido. Para que lo haya, se necesita, como se sabe, que la rueda esté cargada, y que el peso de la carga sea menor que el del agua que puede recibir una porcion de la circunferencia de la rueda. Esta toma entónces una cierta velocidad, que viene á ser tanto mayor cuanto el peso de la carga es menor comparativamente al de la masa de agua que obra sobre la circunferencia de la rueda.

» Pero mientras mas velocidad tiene la rueda, ménos agua pueden recibir los cajones, cuando pasan sucesivamente delante del orificio del canal, y ménos fuerza de presion desplega el fluido animado por la pesantez sobre los cangilones que huyen demasiado precipitadamente delante de su accion. Al contrario, mientras ménos velocidad tiene la rueda, mas se llenan de agua los cajones y mas considerable es su presion sobre estos. Se sigue, pues, como lo hemos dicho en otra parte, que mientras mas lentamente va la rueda, mas efecto mecánico se obtiene con una cantidad de agua dada.

65 » Hay, sin embargo, un límite de lentitud que no se puede traspasar, y que los esperimentos siguientes van á fijar. Esta determinacion, así como la relacion entre la potencia mecánica gastada y el efecto producido, son el objeto de las solas cuestiones fundamentales que presenta la accion del agua por presion sobre las ruedas de cajones y sobre las cuales vamos á interrogar á la esperiencia.

» *Experimentos de Bossut sobre las ruedas de cajones.*

66 » La rueda de cajones, de que *Bossut* se ha servido, tenía 3 pies de diámetro, ó 9,43 pies de circunferencia. El árbol sobre que la cuerda se arrollaba era de 2 *pulgadas* 7 *líneas* de diámetro, ó 97 *líneas* de circunferencia. La altura de los cajones era de cerca de 3 *pulgadas*, y su ancho de 5; la rueda llevaba 48. El canal, que conducía el agua sobre la rueda, era horizontal; tenía 5 pulgadas de ancho; el agua estaba en él como estancada; suministraba constante y regularmente 1194 *pulgadas cúbicas* de agua en un minuto. Como el canal estaba colocado encima de la rueda, los cajones se llenaban lo mas cerca posible del punto superior de la rueda. En los esperimentos que siguen no se han principiado á contar las vueltas sinó despues de cinco ó seis revoluciones de la rueda.

Número de los esperimentos.	Peso levantado espresado en	Duracion del esperimento espresado en	Número de vueltas de la rueda.	Efecto producido, espresado en
	Libras.	Segundos.	Vueltas.	Libras levantadas á una pulgada.
1	11	60	$11\frac{46}{48}$	1068
2	12	60	$11\frac{11}{48}$	1094
3	13	60	$10\frac{25}{48}$	1107
4	14	60	$9\frac{40}{48}$	1118
5	15	60	$9\frac{10}{48}$	1121
6	16	60	$8\frac{34}{48}$	1130 } máximo.
7	17	60	$8\frac{9}{48}$	1130 }
8	18	60	$7\frac{32}{48}$	1120

» Poniendo 19 *libras* por carga, la rueda gira todavía, pero lentamente: cuando el peso es de 20 libras, la rueda se detiene aunque se haya puesto primero en movimiento con la mano para hacerla tomar agua.

» La rueda sin carga hace $40\frac{1}{4}$ vueltas en 60 segundos, y en el *máximo* efecto $8\frac{7}{16}$ vueltas poco mas ó ménos; de donde resulta que la velocidad de la rueda cargada es á la sin carga poco mas ó ménos como 1 á 5; se ve tambien que, en la circunferencia, la rueda toma 1,33 pies de velocidad por segundo, cuando da el mayor producto.

» En cuanto á la relacion entre el efecto producido y la potencia mecánica gastada, podemos valuarla aproximadamente, suponiendo que el agua cae de toda la altura del diámetro de la rueda: la potencia es una masa de agua de 1194 *pulgadas* cúbicas, ó de $48\frac{1}{4}$ libras que cae en un minuto de 36 *pulgadas* de altura; lo que equivale á 1737 libras elevadas á una pulgada: pero el mayor efecto corresponde á 1131 libras elevadas á una pulgada; luego la relacion entre la potencia y el efecto en virtud de los esperimentos de *Bossut*, es sobre poco mas ó ménos como 3 á 2.

» *Esperimentos de Smeaton sobre las ruedas de cajones.*

67 » El autor ha sustituido á la rueda de paletas de su aparato, de que hemos hablado en el capítulo precedente, una rueda de cajones del mismo diámetro. La rueda llevaba 36 cajones, y estos tenían dos *pulgadas inglesas* de profundidad. El agua llegaba por un canal, lo mas cerca posible del vértice de la rueda. He aquí los detalles de una serie de esperimentos hechos con este aparato. La altura de la carga de agua era de 6 *pulgadas inglesas*. Se han empleado, en un

minuto 14½ golpes de émbolo; de los cuales 12 no producirían mas que 80 *libras* de agua, en razon de una pequeña descomposicion en la bomba; el platillo vacío pesaba 10½ *onzas* y el contrapeso puesto en el platillo, para producir 20 vueltas por minuto, era de 3 onzas.

Número de los esperimentos.	Pesos en el platiilo.	Número de vueltas por minuto.	Efecto producido.	OBSERVACIONES.
1	0 libras	60	0	La mayor parte del agua era arrojada de los cajones.
2	1	56	0	
3	2	52	0	
4	3	49	147	El agua permanecía en ellos.
5	4	47	188	
6	5	45	225	
7	6	42½	255	
8	7	41	287	
9	8	38½	308	
10	9	36½	328½	
11	10	35½	355	
12	11	32¾	360½	
13	12	31¼	375	
14	13	28½	370½	
15	14	27½	385	
16	15	26	390	
17	16	24½	392	
18	17	22¾	386¾	
19	18	21¾	391½	*Máximo* efecto.
20	19	20¾	394½	
21	20	19¾	395	
22	21	18¼	388¼	Trabajo regular.
23	22	18	396	
24	23............	....	....	La rueda está parada por la carga.

»Se puede concluir de estos esperimentos que la carga de agua siendo de 6 pulgadas y la altura de la rueda de 24, la caida total del agua era de 30 pulgadas. El gasto de 14½ golpes de émbolo por minuto era de 96 libras ⅔ de agua, pues que doce golpes de émbolo producian 80 libras. Pero, este gasto de 96⅔ libras multiplicadas por 30 *pulgadas*, da para la espresion de la potencia 2900 libras

elevadas á 1 *pulgada*. Y si tomamos el resultado del esperimento 20 por el *máximo* efecto, tendrémos 20¾ vueltas por minuto; y como cada una de estas vueltas elevaba el peso á una altura de 4½ *pulgadas*, este era pues elevado á 93,37 *pulgadas* en un minuto. El peso puesto en el platillo era de 19 libras; el del platillo de 10¼ onzas; el contrapeso 3 onzas; á lo cual, añadiendo segunda vez el peso del platillo, se tiene para la carga total que produce resistencia, 20½ libras, las cuales multiplicadas por 93,37 pulgadas, producen un efecto mecánico de 1914 libras elevadas á 1 pulgada. La relacion de la potencia al efecto será pues como 2900 es á 1914, ó como 10 á 6,6, ó sobre poco mas ó ménos como 3 á 2.

»Pero si no se calculase la potencia sinó segun la altura de la rueda, se tendría para su espresion 96⅔ libras, multiplicadas por 24 *pulgadas*=2320; la que será al efecto como 2320:1914, ó como 10 á 8,2, ó sobre poco mas ó ménos como 5 á 4. El resultado de este esperimento se halla en la tabla siguiente bajo el número 9. Los otros resultados están deducidos de esperimentos semejantes calculados de la misma manera.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Número de los esperimentos.	Caida total.	Agua gastada por minuto.	N.º de vueltas correspondiente al *máximo* efecto.	Peso levantado al *máximo*.	Potencia calculada en virtud de la caida total.	Potencia calculada en virtud de la altura de la rueda.	Efecto.	Relacion de la potencia al efecto, calculada en virtud de la caida total.	Relacion de la potencia al efecto, calculada en virtud de la altura de la rueda.	Relacion media.
1	27	30	19	6½	810	720	556	10:6,9	10:7,7	
2	27	56⅔	16¼	14½	1530	1360	1060	10:6,9	10:7,8	
3	27	56⅓	20¾	12½	1530	1360	1167	10:7,6	10:8,4	10:8,1
4	27	63⅓	20½	13½	1710	1524	1245	10:7,3	10:8,2	
5	27	76⅔	21½	15½	2070	1840	1500	10:7,3	10:8,2	
6	28½	73⅓	18¾	17½	2090	1764	1476	10:7,0	10:8,4	10:8,2
7	28½	96⅔	20¼	20½	2755	2320	1868	10:6,8	10:8,0	
8	30	90	20	19½	2700	2160	1755	10:6,5	10:8,1	
9	30	96⅔	20¾	20½	2900	2320	1914	10:6,6	10:8,2	10:8,2
10	30	113⅓	21	23½	3400	2720	2221	10:6,5	10:8,2	
11	33	56⅔	20¼	13½	1870	1360	1230	10:6,6	10:9,0	
12	33	106⅔	22¼	21½	3520	2560	2153	10:6,1	10:8,4	10:8,5
13	33	146⅔	23	27½	4840	3520	2846	10:5,9	10:8,1	
14	35	65	19¾	16½	2275	1560	1466	10:6,5	10:9,4	
15	35	120	21½	25½	4200	2880	2467	10:5,9	10:8,6	10:8,5
16	35	163½	25	26½	5728	3924	2981	10:5,2	10:7,6	

68 » *Smeaton* ha hecho diversas advertencias sobre estos esperimentos, y deduce consecuencias que vamos á dar á conocer, y de las cuales algunas servirán de nuevas pruebas esperimentales á diferentes aserciones establecidas en nuestras consideraciones generales sobre los motores.

1.ª » La potencia efectiva del agua debe ser calculada segun su caida total, es decir, desde el nivel del agua en el canal, hasta el suelo sobre que corre para escaparse despues de la accion; esto es tan verdadero, que es necesario que sea levantada á la misma altura para hacerla capaz de producir segunda vez el mismo efecto. Las relaciones entre las potencias calculadas de esta manera, y los efectos mecánicos al *máximo*, deducidos de diferentes séries de esperimentos, se presentan como se ve en la 9.ª columna de la tabla. Se nota que estas relaciones varían desde la de 10 á 7,6 hasta la de 10 á 5,2, es decir, desde la relacion de 4 á 3 hasta la de 4 á 2. La primera de estas relaciones se verifica para los pequeños gastos; la segunda, para las cargas y los gastos de agua mayores. La relacion media es la de 3 á 2.

» Pero hemos visto, en las observaciones sobre las ruedas de paletas, que la relacion media entre la potencia y el efecto al *máximo* era de 3 á 1: luego, segun *Smeaton*, el efecto de las ruedas de cajones, supuestas en las mismas circunstancias, en cuanto á la carga resistente y al gasto de agua, es por término medio el doble del efecto de la rueda de paletas. De donde se puede sacar la consecuencia, de que los cuerpos no elásticos, que obran por impulso, solo comunican una parte de su potencia, la otra parte se halla empleada en causar la mudanza *de figura* que sufren por efecto del choque.

» Calculando la potencia del agua solamente segun la altura de la rueda, y comparándola con el efecto al *máximo*, se halla que está en una relacion mas constante; porque se ve en la 10.ª columna de la tabla, que las dos relaciones estremas que difieren lo mas entre sí, son las de 10 á 8,1, y de 10 á 8,5; y como el segundo término de esta relacion crece gradualmente de 8,1 á 8,5, en virtud de un acrecentamiento de carga de 3 á 11 *pulgadas*, el esceso de 8,5 sobre 8,1 se debe atribuir al esceso de 11 pulgadas sobre 3 pulgadas de carga de agua; de suerte que, deduciendo el efecto de la rueda á 8,0, para hacerla independiente de la carga de 3 pulgadas, tendrémos para la relacion de la potencia calculada segun la altura de la rueda solamente, al *máximo* efecto de esta rueda, la relacion de 10 á 8, ó de 5 á 4. Y en atencion á que la relacion de la potencia, en el

máximo efecto, permanece la misma cuando las máquinas son de una construccion semejante, podemos concluir, que los efectos mecánicos, así como las potencias, varían proporcionalmente á los productos de las cantidades de agua gastadas y diámetro de la rueda.

2.ª »Hemos ya dicho, continúa *Smeaton*, que una misma cantidad de agua descendiendo de la misma altura vertical y obrando por su peso sobre una rueda de cajones, produce un efecto duplo del que produciría por su choque sobre las paletas de una rueda chocada por debajo. Parece tambien que la carga de agua creciendo de 3 á 11 pulgadas, ó la carga total de 27 á 35, es decir, sobre poco mas ó ménos en la relacion de 7 á 9, el efecto solo crece en la de 8,1 á 8,5, ó lo que es lo mismo de 7 á 7,34: el acrecentamiento del efecto no es pues aun proporcional al séptimo del acrecentamiento del espacio vertical corrido; de donde se sigue que, *mientras mas alta se halla la rueda, á proporcion de la caida total, mayor es el efecto que ella produce*; porque este depende ménos del choque del agua contra los cajones, en virtud de su altura sobre el orificio, que del peso de esta agua cuando esta los llena. Si se considera en efecto la oblicuidad bajo que el agua, saliendo del depósito de presion, choca los cajones, es fácil de esplicar las pocas ventajas que resultan de este choque, y cuan poca influencia debe tener para aumentar el efecto de una rueda chocada por encima. Sin embargo, como todo tiene sus límites, lo que acabamos de decir no se debe entender sin restriccion. Conviene en efecto que el agua, saliendo del depósito, esté animada de una velocidad un poco mayor que aquella con que se mueve la circunferencia de la rueda; de otro modo, esta rueda no solo será retardada por el choque de los cajones contra el agua afluente, sinó que estos mismos cajones, dejarán escapar una parte de ella, que es perdída para la potencia.

3.ª »Si un cuerpo es abandonado libremente á su pesantez, gastará un cierto tiempo en caer desde la superficie hasta el fondo del depósito; y en este caso la accion total de la gravedad será empleada en imprimir al cuerpo una cierta velocidad; pero si este cuerpo obra, cayendo sobre otro, y produce por esta accion un efecto mecánico, su movimiento será retardado; porque una parte de la pesantez servirá para producir este efecto, mientras que la porcion restante de dicha fuerza servirá para dar el movimiento al cuerpo. De aquí se sigue que mientras mas lentamente descienda un cuerpo, mayor es la parte de la pesantez que coopera á producir el efecto, y por consiguiente mas considerable es este.

»Si, pues, una corriente cae en los cajones de una rueda, el agua es retenida hasta que girando la rueda, la vierte abajo; mientras mas lentamente se mueva la rueda, mas agua recibirá cada cajon; de manera, que lo que se pierde en velocidad es ganado por la presion que una mayor cantidad de agua ejerce á la vez en cada cajon; y considerada bajo este solo punto de vista, la potencia mecánica de una rueda de cajones será la misma para producir un efecto determinado, sea que ella se mueva velozmente, sea que se mueva con lentitud; pero si se atiende á lo que se acaba de decir sobre la caida de los cuerpos pesados, se verá que se debe quitar de la presion del agua en los cajones, la porcion de la gravedad que está empleada en imprimir á la rueda y á los cajones llenos de agua una gran velocidad.

»Así, aunque el producto obtenido multiplicando el número de *pulgadas* cúbicas de agua, que obran sobre la rueda, por la velocidad de esta, sea el mismo en todos los casos; sin embargo, como cada pulgada cúbica de agua ejerce sobre el cajon cuando su velocidad es mayor, una presion menor que cuando su velocidad es menor, se sigue que la potencia del agua, para producir un efecto cualquiera, aumenta á medida que la velocidad de la rueda disminuye, lo que conduce á esta regla general para las ruedas de cajones, que *á igualdad de circunstancias, el efecto de la rueda es tanto mayor, cuanto su velocidad es menor*; regla que confirman los esperimentos referidos en la tabla procedente, donde se ven tambien los límites, entre que se deben hacer las aplicaciones.

»En virtud de estos esperimentos, cuando la rueda hacía cerca de 20 vueltas por minuto, el efecto alcanzaba sobre poco mas ó ménos su *máximo*; cuando hacía 30 vueltas, el efecto disminuía cerca de $\frac{1}{20}$; con una velocidad de 40 vueltas por minuto, el efecto era disminuido en *un cuarto*. Se ve igualmente que esta velocidad, hallándose reducida á 18 vueltas por minuto, el movimiento de la rueda venía á ser irregular. En fin, cuando estaba cargada de un peso de 23 *libras*, la rueda cedía á la accion de su carga. Es ventajoso en la práctica, no disminuir la velocidad de la rueda mas allá de ciertos límites. En efecto, á igualdad de circunstancias, mientras mas lento es el movimiento, mas capacidad deben tener los cajones; pero mientras mas cargada de agua esté la rueda, mas aumentará el esfuerzo del fluido sobre todas las partes de la máquina.

»La esperiencia prueba que una velocidad de 3 *pies* * por segun-

* Estos 3 pies son franceses; que hacen 3 y medio españoles.

do conviene tanto á las mayores, como á las menores ruedas de cajones; y si todas las partes del mecanismo están convenientemente dispuestas, esta velocidad producirá el mayor efecto posible.

»Sin embargo, la esperiencia prueba tambien que las grandes ruedas pueden, ántes de perder una porcion de su potencia, separarse mas de esta velocidad, que las ruedas de un pequeño diámetro. Una rueda de 24 *pies* por ejemplo, puede moverse en razon de 6 *pies* por segundo, sin perder notablemente de su fuerza; y por otro lado se ha visto una rueda de 33 *pies* de diámetro moverse muy regularmente con una velocidad que solo era de 2 pies por segundo.

»*Nuevos esperimentos sobre las ruedas de cajones.*

69 »Antes de hacer conocer nuestros esperimentos, (habla *Mr. Christiam*) sobre la rueda de cajones, vamos á referir los que hemos hecho para determinar los gastos de agua por escurrideros ó aberturas rectangulares, tomándola en la superficie del canal ó en el depósito que la conduce inmediatamente á los cajones de la rueda.

»Las reglas que hemos dado en los capítulos precedentes, para valuar las cantidades de agua que han pasado por aberturas practicadas en el fondo de un depósito, ó por aberturas de compuerta por debajo, parecen no aplicarse con bastante exactitud al desagüe del agua por un escurridero ó abertura rectangular abierta por arriba, colocada en la parte superior del depósito; que es el modo de tomar el agua que conviene esencialmente al empléo de una rueda de cajones. Para no dejar nada incompleto sobre esta materia, nos hemos entregado á una serie de esperimentos sobre este modo de desagüe; las tablas siguientes presentan sus resultados.

»*Esperimentos para determinar las cantidades de agua que han pasado por aberturas rectangulares de diferentes alturas y anchos**.

»Nos hemos servido del doble depósito y del flotador de que antes hemos hablado. En cada esperimento, era constante la cantidad de agua que salía; siempre ha equivalido á la cantidad de agua desalojada por la inmersion entera del flotador, es decir, á 450 quilógramas de agua. Estos esperimentos se han hecho con el mayor cuidado y repetido muchas veces.

70 »*Primera serie de esperimentos*: La abertura rectangular practicada en lo alto de la cara anterior del depósito tenía 8 decímetros de ancho, se adaptó á ella un canal horizontal de un metro de longitud y del ancho de la abertura.

* Estas aberturas se suelen designar en español con los nombres de *escurrideros, ladrones, vertederos, aliviaderos &c.*

PRIMERA TABLA.

Número de los esperimentos.	Altura del depósito ó grueso de la capa de agua que sale.	Duracion del desagüe de 450 quilógramas de agua espresada en		Cantidad de agua que salió por segundo.
	Centímetros.	Segundos.		Quilógramas.
1	8	16	Medio	
2	8	15		
3	8	12	14	32,142
4	8	13		
5	8	14		
6	6	20	21	21,428
7	6	22		
8	5	28		
9	5	26	27	16,666
10	5	27		
11	4	42		
12	4	38		
13	4	37		
14	4	40		
15	4	38	39	11,538
16	4	41		
17	4	38		
18	4	38		
19	2	118		
20	2	120		
21	2	117		
22	2	116	118	3,813
23	2	119		
24	2	118		
25	1	360		
26	1	364	362	1,243

71 » *Segunda serie de esperimentos.* La abertura tiene como precedentemente 8 decímetros de ancho; se ha suprimido el canal, y el agua caía inmediatamente por la abertura.

SEGUNDA TABLA.

Número de los esperimentos.	Altura del depósito ó grueso de la capa de agua que sale.	Duracion del desagüe de 450 quilógramas de agua espresada en segundos.		Cantidad de agua que salió por segundo.
	Centímetros.	Segundos.		Quilógramas.
1	8	14	Medio 13	34,615
2	8	10		
3	8	13		
4	8	13		
5	7	16	16	28,125
6	7	16		
7	7	16		
8	6	20	20	22,500
9	6	20		
10	6	20		
11	5	29	27	16,666
12	5	31		
13	5	24		
14	5	24		
15	4	39	39	11,538
16	4	40		
17	4	38		
18	3	66	62	7,258
19	3	69		
20	3	55		
21	3	58		
22	2	118	117	3,846
23	2	127		
24	2	108		
25	2	115		
26	1	337	354	1,271
27	1	343		
28	1	340		
29	1	360		

72 » *Tercera serie de esperimentos.* La abertura no tiene ya mas que 4 decímetros de ancho.

TERCERA TABLA.

Número de los esperimentos.	Altura del depósito ó grueso de la capa de agua que sale.	Duracion del desagüe de 450 quilógramas de agua espresada en segundos.		Cantidad de agua que salió por segundo.
	Centímetros.	Segundos.	Medio	Quilógramas.
1	8	25	26	17,307
2	8	26		
3	7	32	32	14,062
4	7	32		
5	6	40	40	11,250
6	6	40		
7	5	53	53	8,490
8	5	53		
9	4	75	75	6,000
10	4	75		
11	3	123	124	3,629
12	3	125		
13	2	245	244	1,844
14	2	240		
15	2	247		
16	1	680	682	0,659
17	1	684		

73 »*Cuarta serie de esperimentos.* La abertura no tiene ya mas que 4 decímetros de ancho.

CUARTA TABLA.

1	8	50	50	9,000
2	8	50		
3	8	50		
4	4	145	147	3,061
5	4	145		
6	4	150		
7	2	515	476	0,945
8	2	450		
9	2	463		

74 »Podemos deducir de los esperimentos presentados en estas cuatro tablas, dos reglas para valuar los gastos de agua por las aberturas de diferentes alturas y anchos, al ménos en los límites de estos esperimentos, á saber: 1.ª *Que las cantidades de agua que salen en el mismo tiempo por dos aberturas del mismo ancho, pero que la altura de la una es doble de la de la otra, están en la relacion de 1 á 3; es decir* que para *una altura doble el gasto es triplo*. Encontramos en efecto, en la primera tabla, que á 8 centímetros de altura, bajo un ancho de 8 decímetros, el gasto ha sido de 32,142 quilógramas por segundo; á 4 centímetros, de 11,538 quilógramas; y á 2 centímetros, de 3,813 quilógramas; pero, el primer número es sobre poco mas ó ménos el triplo del segundo, y este, triplo del tercero.

»En la 2.ª tabla, el gasto, á 8 centímetros de altura, es de 34,615 quilógramas por segundo; y á 4 centímetros, de 11,538 quilógramas; á 6 centímetros de altura, ha sido de 22,500 quilógramas; y á 3 centímetros, de 7,258 quilógramas; á 4 centímetros de 11,538 quilógramas; y á 2 centímetros, de 3,846 quilógramas.

»En la 3.ª tabla, el gasto, bajo 8 centímetros de altura, ha sido de 17,307 quilógramas; y bajo 4 centímetros de 6,000 quilógramas; bajo una altura de 6 centímetros, ha sido de 11,250 quilógramas; y bajo 3 centímetros, de 3,629 quilógramas; bajo 4 centímetros, ha sido de 6,000 quilógramas; y bajo 2 centímetros, de 1,844 quilógramas. Se ve en la 4.ª tabla la misma relacion entre las alturas 8 y 4, y 4 y 2 centímetros.

2.ª *Que bajo las mismas alturas de abertura, los gastos de agua hechos, en el mismo tiempo, por aberturas de diferentes anchos, son proporcionales á los anchos de estas aberturas.* Se ve en efecto, por la comparacion de los resultados puestos en estas cuatro tablas, que con 4 decímetros de ancho de abertura, y bajo la misma altura, el gasto de agua en un segundo es aproximadamente la mitad del que se verifica con una abertura de 8 decímetros, y el cuarto del que se verifica con dos decímetros de ancho. Los resultados de estos esperimentos concuerdan bastante, para que sea permitido considerar estas dos reglas como suficientemente exactas para las valuaciones que la práctica puede reclamar. Parece aun, que sería difícil en esperimentos de esta naturaleza, aproximarse mucho mas á una perfecta concordancia en los resultados sobre los cuales nosotros fundamos estas reglas.

75 »He aquí, por lo demas, el uso que se puede hacer de ellos. 1.º Supongamos que se tenga una abertura de 8 centímetros de altu-

ra y de un metro ó de 10 decímetros de ancho; y que se quiera saber cuantas quilógramas de agua correrían en un segundo por esta abertura: vemos, en la segunda tabla, que bajo la misma altura, y con un ancho de 8 decímetros, el gasto es de 34,615 quilógramas en un segundo. Dirémos, pues, conforme á la segunda regla de arriba, 8 decímetros son á 34,615 quilógramas, como 10 decímetros son á la cantidad buscada. Efectuando la operacion, hallamos que la cantidad de quilógramas de agua que se obtendrá en un segundo de tiempo por una abertura de 8 centímetros de alto y de 10 decímetros de ancho, es de 43,268 quilógramas. Se procedería del mismo modo para cualquiera otro ancho, cuando el gasto bajo una altura dada se determina ó por la esperiencia directa ó por las operaciones preliminares de que vamos á hablar, cuando las alturas de abertura son superiores á 8 centímetros.

» 2.° Supongamos que se tenga una abertura de 8 decímetros de ancho y de 12 centímetros de altura. Vemos, en la segunda tabla, que bajo una altura de 6 centímetros con este ancho, el gasto por segundo es de 22,500 quilógramas, y sabemos por la primera regla, que bajo una altura doble, el gasto es triplo en el mismo tiempo; bastará, pues, multiplicar por 3 las 22,500 quilógramas para tener el gasto de esta abertura, y se tendrá 67,500 quilógramas. Que si el ancho no se hallase en los números contenidos en estas tablas; y fuese por ejemplo, de 20 decímetros ó 2 metros, se haría la proporcion indicada mas arriba, despues de haber determinado el gasto, por lo que concierne á la altura, y se diría: 8 decímetros son á 67,500 quilógramas, como 20 decímetros son á un cuarto término que resulta ser 168,750 quilógramas, que representan el valor aproximado de la cantidad corrida en un segundo.

» 3.° La aplicacion de las dos reglas precedentes es muy fácil, y poco sujeta, segun nosotros, á graves errores, cuando se trata de anchos diferentes ó de alturas dobles, cuádruplas, de aquellas, de que nos hemos servido en nuestros esperimentos; pero cuando se trata de valuar gastos de depósitos, cuyas alturas fuesen, por ejemplo, de 9, 11, 13 &c. centímetros, la regla para las alturas no podría ya servir; veamos si en los resultados de nuestros esperimentos se halla algun medio de estimar *aproximativamente* la cantidad de agua que ha salido por un depósito que tuviese por altura uno de los números de arriba. Las cuatro tablas están bastante acordes entre sí para manifestar que de 4 centímetros á 8 centímetros de altura, las cantidades de agua corridas, para cada número intermedio, están sobre

poco mas ó ménos en progresion aritmética creciente. Se notará, en efecto, que si se quieren interpolar tres medios proporcionales aritméticos entre los números 32,142 y 11,538 quilógramas de la primera tabla, se hallará por razon 5,151 quilógramas, que es sobre poco mas ó ménos la que existe entre los números dados directamente por la esperiencia: se hallará por la segunda tabla 5,769 quilógramas; por la tercera 2,826 quilógramas; y por la cuarta 1,486 quilógramas; lo que parece bastante acorde con los resultados de la esperiencia.

» No hemos descendido á mas de 4 centímetros para buscar la ley de progresion, porque mas abajo de 4 decímetros de alto de abertura, las causas de error se multiplican, y no contamos tanto sobre la exactitud de los resultados obtenidos por bajo de 4 centímetros como por encima.

» Ahora, si fuese permitido estender la ley de progresion que parece existir entre los 4, 5, 6, 7 y 8 centímetros de altura, con un ancho dado de abertura, sería necesario, para una abertura de 9 centímetros de alto y de 8 decímetros de ancho, añadir al gasto por una abertura de 8 centímetros de alto y de 8 decímetros de ancho, al valor de la razon aritmética encontrada para este ancho, que es 5,769 quilógramas; la mitad de esta razon para un ancho subduplo; y el 4.º para el cuarto de este ancho; porque se ve que para diferentes anchos, los números que espresan las razones de esta progresion son proporcionales á los anchos.

» Debemos advertir que solo debe contarse con valuaciones mas ó ménos aproximadas, cuando las alturas de los depósitos, cuyos desagües se tratan de estimar, esceden los límites de nuestros esperimentos: no pretendemos por ejemplo, que multiplicando por 3, segun la primera regla, la cantidad de agua gastada bajo 8 centímetros de altura, se hallaría exactamente la cantidad de agua que suministraría una altura de 16 centímetros; ó bien, que se obtendría el mismo número, sirviéndose de la razon aritmética entre 8 y 4 centímetros de altura; muchas circunstancias modifican estos resultados, cuando se obra sobre grandes masas de agua, ó que estas se hallan en movimiento; dirémos solamente que por medio de estas reglas, nos parece que se deben obtener los valores aproximativos, con que se puede uno contentar en la práctica. Añadamos, por otra parte, que una capa de agua de 8 centímetros de alto saliendo por una abertura de un cierto ancho, es ya una fuerza considerable, y que por lo regular no se traspasa este límite. No sucede lo mismo con los anchos; pero tambien la regla que les concierne inspira mas

confianza, y da resultados mas aproximados á la verdad.

»Dirémos tambien, para terminar, que la ley de progresion aritmética no se conforma de un modo satisfactorio con la primera regla, para las alturas superiores á 8 centímetros, y tanto ménos cuanto las alturas son mayores. Convendría puede ser, en la práctica, tomar un término medio entre los resultados obtenidos por la primera regla y los que suministra la progresion aritmética; creemos que se obtendría por este medio un gasto menor que el efectivo; lo que es necesario siempre hacer en los cálculos de la fuerza que se quiere emplear en una operacion industrial. La teoría parece indicar que el gasto, de que acabamos de hablar, es proporcional á la raiz cuadrada del cubo de las alturas, lo que se conforma bastante bien con nuestros esperimentos *.

76 » *Esperimentos sobre las ruedas de cajones.* "Nos hemos servido (habla *Mr. Christiam*) de la misma rueda que en nuestros esperimentos precedentes; tenía por circunferencia media 10,618 metros; se habían sustituido á las paletas, 72 cajones de cobre delgado, cuya forma se ve (fig.s 24 y 27, lám. 4); cada uno tenía 3 litras de capacidad. El agua salía del depósito, para caer en los cajones, por una abertura rectangular, como en nuestros esperimentos sobre el paso del agua por esta clase de aberturas. La rueda estaba colocada respecto del depósito, de modo que la línea de nivel del agua, supuesta sumergida indefinidamente, hacía un ángulo de 30 grados con el radio tirado al punto en que encuentra á la rueda. El agua caía de una altura de cerca de 135 milímetros, partiendo de su nivel hasta la orilla superior del cajon que le corresponde; cuando cesaba de obrar sobre el fondo del cajon, ella había caido de cerca de 405 milímetros. Por manera, que el agua obraba tambien algo por impulso.

»La caida total del agua, desde su nivel hasta debajo de la rueda, era como ántes de 2,484 metros, y la cantidad de agua gastada en cada esperimento ha sido de 450 quilógramas. Se verán algunos esperimentos en las tablas siguientes para los cuales no se ha gastado sinó la mitad, esto es, 225 quilógramas. Se ha recogido con esmero la cantidad de agua que se perdía en cada esperimento, saltando durante la accion; ella era de cerca de 23 quilógramas, que no concurrían sinó muy débilmente á la produccion del efecto.

* Despues de una discusion tan complicada, como es la que resulta desde el (§ 69) no encontramos á la verdad reglas generales que nos conduzcan á obtener los resultados en todos los casos; por lo que es preferible el método que hemos espuesto para este mismo caso (§ 126 del lib. 3.º)

»Acordémonos que la circunferencia del tambor, sobre que la cuerda se arrollaba, era de 1,523 metros, comprendiendo en ella la cuerda que levantaba el platillo y los pesos, por medio de una poléa móvil, y de una poléa fija; la cuerda era pues doble; y en los cálculos de elevacion del peso, ha debido tomarse únicamente la mitad del desarrollo de las vueltas del tambor para cada esperimento, así como se ve en los siguientes

1.ª Tabla. *Gasto de 450 quilógramas de agua.*

N.os de los esperimentos.	Carga comprendiendo en ella el platillo y los rozamientos.	Altura á la cual se ha elevado el peso.	N.o de vueltas de la rueda.	Duracion del movimiento espresado en segundos.	Efecto producido, espresado en quilógramas elevadas á 1 metro de altura.	OBSERVACIONES.
	quilógramas	metros.	vueltas.	segundos	quilógramas.	
1	198	4,188	$5\frac{1}{2}$	66	829,524	
2	220	3,934	$5\frac{1}{6}$	66	855,480	Los cajones se llenan á la mitad.
3	241	3,616	$4\frac{3}{4}$	66	871,456	Los cajones se llenan al tercio y no se vacian sinó abajo.
4	262	3,198	$4\frac{1}{10}$	66	837,876	Los cajones pierden agua al bajar, porque rebosan.
5	284	2,855	$3\frac{3}{4}$	66	810,820	
6	306	2,475	$3\frac{1}{4}$	66	757,350	
7	349	1,776	$2\frac{1}{3}$	66	618,824	
8	$371\frac{1}{2}$	1,523	2	66	565,794	

2.ª Tabla. *Gasto de 225 quilógramas de agua.*

1	$92\frac{1}{2}$	3,858	$5\frac{1}{15}$	33	356,867	Los cajones chocaban al agua que salia del depósito.
2	114	3,553	$4\frac{2}{3}$	33	405,042	El agua sale de los cajones por la rotacion.
3	135	3,096	$4\frac{1}{15}$	33	417,960	
4	156	2,792	$3\frac{2}{3}$	33	435,552	Los cajones se cargan y se descargan regularmente.
5	177	2,385	$3\frac{2}{15}$	33	442,145	(1)
6	198	2,094	$2\frac{3}{4}$	33	414,612	

(1) Las pequeñas diferencias que se advierten en los números de la 3.ª y 4.ª columna, provienen de la estension de la cuerda.

»Si multiplicamos la cantidad de agua gastada por la altura de la caida total, hallarémos en la 1.ª tabla 2,484 metros × 450 quilog.=1117,8 quilógramas elevadas á *un metro* de altura para la potencia mecánica; y para el efecto producido al *máximo* 871,456 quilógramas á 1 metro; lo que da 3,851 á 3 para la relacion de la potencia al efecto; y en la segunda tabla 2,484×225=558,9 por potencia mecánica, y para el efecto producido al *máximo* 442,145; lo que da aproximadamente la relacion de 5 á 4 para el de la potencia al efecto.

77 »Si buscamos ahora la velocidad de la rueda correspondiente al mayor efecto en los dos casos, hallamos para el primero, que la rueda hace cuatro vueltas y tres cuartos en 66 segundos; la velocidad en la circunferencia media de la rueda es por consiguiente de 764 milímetros por segundo, ó 2 pies 4 *pulgadas* cerca; y para el segundo, que hace tres vueltas y $\frac{2}{15}$ en 33 segundos, y que la velocidad de la rueda es de 1,008 metros, ó un poco mas de 3 pies. La segunda tabla nos hace ver tambien que el agua sale de los cajones por la rotacion, cuando la rueda hace 4 vueltas $\frac{2}{3}$ en 33 segundos, y que la velocidad de la rueda es de 1,501 metros por segundo, ó de cerca de 4 *pies* y 7 *pulgadas*.

78 »Hemos querido comparar la accion del agua por una salida de presion sobre las *paletas* de una rueda, con esta accion sobre los *cajones*. Para esto, hemos sustituido á estos las paletas de nuestros esperimentos consignados en el capítulo precedente. El aparato era el mismo que para la rueda de cajones; el mismo gasto de agua y la misma caida; las paletas giraban en un eje fijo al depósito, y que abrazaba una porcion de la circunferencia de la rueda; de tal manera, que el agua, saliendo del depósito, se detenía sobre las paletas comprimiéndolas, y no se escapaba sinó cuando había llegado, con cada una, á la parte inferior de la rueda. Se ve en la (fig. 19, lám. 3) un ejemplo de rueda de paletas, que recibe el agua por una abertura rectangular, como en los esperimentos, cuyo resultado vamos á dar.

»El agua obraba en parte por impulso como ántes; porque con 30 paletas sobre la rueda, el agua había caido de 459 milímetros, cuando cesaba de obrar sobre la paleta correspondiente; y había caido de 297 milímetros de altura con 60 paletas. El nivel de la abertura correspondía tambien como ántes, á 30 grados sobre el radio horizontal de la rueda.

1.ª Tabla. 1.ª Serie. *Con una rueda que lleva* 30 *paletas. Gasto de* 450 *quilógramas de agua.*

Las pequeñas diferencias que se notan en los números de la 3.ª y 4.ª columna, provienen de la estension de la cuerda.

Número de los esperimentos.	Carga comprendiendo en ella el platillo y los rozamientos.	Altura á la cual el peso ha sido elevado.	Número de vueltas de la rueda.	Duracion del movimiento, espresado en segundos.	Efecto producido espresado en quilógramas elevadas á 1 metro.	Observaciones.
	Quilógramas.	Metros.	Vueltas.	Segundos.	Quilógramas.	
1	164	3,625	$4\frac{12}{15}$	40	599,420	
2	185	3,197	$4\frac{3}{15}$	40	603,445	
3	206	2,995	$3\frac{14}{15}$	40	616,970	
4	227	2,655	$3\frac{1}{2}$	40	604,955	
5	249	2,284	3	40	568,716	
6	270	2,030	$2\frac{2}{3}$	40	548,100	Movimiento irregular. El agua salta en la accion.
7	313	1,599	$2\frac{1}{10}$	40	500,487	
2.ª Serie. *Con* 225 *quilógramas de agua.*						
1	143	2,030	$2\frac{2}{3}$	20	290,290	
2	121	2,094	$2\frac{3}{4}$	20	233,374	Las paletas chocan al agua que sale del depósito.
3	100	2,233	$2\frac{14}{15}$	20	223,300	
2.ª Tabla. 1.ª Serie. *La rueda lleva* 60 *paletas. El gasto de agua es de* 450 *quilógramas.*						
1	164	3,807	5	40	623,348	El agua no salta, al obrar.
2	185	3,426	$4\frac{1}{2}$	40	633,810	El agua salta al llegar sobre las paletas.
3	206	3,122	$4\frac{1}{10}$	40	643,132	
4	227	2,855	$3\frac{3}{4}$	40	648,085	
5	249	2,475	$3\frac{1}{4}$	40	616,275	
6	270	2,221	$2\frac{11}{12}$	40	599,670	
7	307	1,776	$2\frac{11}{30}$	40	538,128	Movimiento irregular de la rueda.
2.ª Serie. *Con* 225 *quilógramas de agua.*						
1	143	1,904	$2\frac{1}{2}$	20	272,272	Las paletas chocan al agua que sale del depósito.
2	121	2,182	$2\frac{13}{15}$	20	264,022	

»Se ve, en primer lugar, por el cálculo de los números que presenta la primera tabla de arriba, que la relacion de la potencia mecánica gastada, es al efecto producido al *máximo*, en la primera serie sobre poco mas ó ménos, como 2 á 1, y que la velocidad de

la circunferencia de la rueda á este *máximo* es de 1,044 metros por segundo, ó 3 *pies* 3 *pulgadas* cerca. La segunda serie de dicha tabla manifiesta que con una velocidad de 1,557 metros por segundo, ó 4 *pies* 9 *pulgadas* cerca, las paletas chocan el agua que sale del depósito.

»Se ve, en segundo lugar, por los números de la segunda tabla, que con 60 paletas, la relacion de la potencia al efecto es sobre poco mas ó ménos como 1,83 es á 1; que la velocidad de la rueda en el *máximo* efecto es de 0,995 metros, sobre poco mas ó ménos 3 *pies* por segundo; en fin, que las paletas chocan el agua, cuando la velocidad de la circunferencia media de la rueda es de 1,521 metros, ó cerca de 4 *pies* y 8 *pulgadas* por segundo.

79 »De aquí resulta como cierto que el uso de los cajones da mayor efecto que las paletas, haciendo obrar el agua del mismo modo en los dos casos y en las mismas circunstancias.

80 »*Resúmen de los esperimentos de diversos Autores sobre las ruedas de paletas y de cajones.*

Ruedas de paletas por impulso.	Velocidad de la rueda correspondiente al *máximo* efecto, comparada con la velocidad de la corriente.	45:100 segun los esperimentos de *Bossut.*	
		2:5 segun los de Smeaton.	
		47.1 rueda pequeña.	segun Christiam.
		1:2,2 rueda grande con 60 paletas.	
		1:2,25 id. de 30.	
	Efecto producido al *máximo*, comparado con la potencia mecánica gastada.	1:3 segun los esperimentos de *Smeaton.* (Se ha visto arriba que la potencia estaba valuada demasiado baja por el Autor).	
		2:9 pequeña rueda.	segun Christiam.
		1:4,19 gran rueda	
Ruedas de cajones ó por presion.	Efecto producido comparado con la potencia mecánica gastada	2:3 segun *Bossut.*	
		2:3 segun *Smeaton.*	
		3,50:4,42 segun *Christiam.*	
	Velocidad de la rueda en la circunferencia, correspondiente al *máximo* efecto.	432 milímetros por segundo segun *Bossut.*	
		912 id. id. segun *Smeaton.*	
		886 id. id. segun *Christiam.*	
Rueda de paletas por presion.	Efecto producido al *máximo* comparado con la potencia gastada.	1:2 llevando la rueda 30 paletas.	segun los esperimentos de Mr. Christiam.”
		1:1,83 con 60 paletas.	
	Velocidad de la rueda en la circunferencia correspondiente al *máximo* efecto.	1,044 metros por segundo con 30 paletas.	
		0,995 id. por segundo con 60 paletas.	

Tomando nosotros un término medio entre todos estos resultados, podrémos establecer que en las ruedas de paletas por impulso la velocidad de la rueda correspondiente al *máximo* efecto es 0,4438 de la de la corriente. Y el efecto producido al *máximo* es 0,2647 de la potencia mecánica empleada en producirle.

En las ruedas de paletas, en que obra el agua por presion, la velocidad tomada en la circunferencia de la rueda, correspondiente al *máximo* efecto es 3,659 pies españoles por segundo. Y el efecto producido al *máximo* es 0,5464 de la potencia mecánica empleada.

En las ruedas de cajones, en que el agua obra por presion, la velocidad tomada en la circunferencia de la rueda correspondiente al máximo efecto, es 2,6677 pies españoles por segundo. Y el efecto producido al *máximo* es 0,72926 de la potencia mecánica gastada.

81 En el capítulo XXVII trata *Mr. Christiam* de la aplicacion de las *teorias y de los hechos precedentes á diversas cuestiones de práctica y dice así*: Pág. 362. "Las diversas cuestiones que la industria se puede proponer sobre el uso del agua, como fuerza motriz, son relativas, ó á las mejores disposiciones que se deben tomar para dar al agua este carácter, ó á las mejoras, de que puede ser susceptible, el modo de aprovecharse de ella cuando se encuentra ya establecida, ó á la valuacion de la cantidad de trabajo industrial que se puede obtener de tal modo de emplear el motor, ó en fin á la determinacion de las modificaciones que puede padecer la cantidad de trabajo cuando el agua las padece en los elementos de su potencia. Procuremos establecer y resolver, al ménos en casos generales, las cuestiones que se pueden presentar sobre esta materia. 1.ª *¿En qué circunstancias debe hallarse el agua para venir á ser una fuerza motriz, y cuál es en general el mejor modo de hacerla obrar y de aplicar su accion?* 2.ª *Cuando se ha elegido el modo de hacerla obrar, ¿qué es necesario practicar para poner esta fuerza en actividad, y cuáles son las disposiciones mas favorables á la potencia?* 3.ª *¿Cómo valuar la fuerza del agua segun las diversas circunstancias en que se presenta ordinariamente ó el modo de aplicacion adoptado, sea en pesos elevados á una cierta altura, sea en cantidad de cualquier trabajo industrial?* 4.ª *¿Cómo se reconocerá si se aprovecha ó no toda la fuerza motriz del agua empleada en un establecimiento? Y si hay vicios en su aplicacion ¿se pueden corregir sin destruir todo el sistema?* 5.ª *En fin, ¿cuál es, en un caso dado, el valor del influjo del aumento ó disminucion de las aguas afluentes sobre la cantidad de trabajo producido?* He aquí, segun

nuestro dictámen, las cuestiones mas importantes: vamos á examinarlas sucesivamente.

82 »Primera cuestion. *¿En qué circunstancias debe hallarse el agua para que sea una fuerza motriz, y cuál es en general el mejor modo de hacerla obrar y aplicar su accion?*

»El agua nunca debe considerarse como motor, sinó cuando corre ó cae naturalmente en la superficie de la tierra: así, las aguas de manantiales que descienden de un punto mas ó ménos elevado, un arroyo, un riachuelo, un rio, el flujo y reflujo del mar, presentan siempre una potencia motriz en todos los puntos de su curso; pero el agua en estado de reposo, en cualquier cantidad que se halle, tal como la de los pozos, la de una balsa, ó una masa de agua cualquiera *que no se pueda poner en movimiento, sinó por la accion de una fuerza estraña, cualquiera que sea, nunca puede considerarse ni servir como fuerza motriz*; remitimos sobre este objeto al lector á lo dicho ya al principio de este libro (6).

»Toda investigacion de combinaciones mecánicas para sacar partido del agua estancada, como fuerza motriz, es pues absolutamente inútil y absurda en sí misma *. Cuando se trate de mejorar el uso que puede hacerse del agua en este concepto por haber concebido alguna idéa nueva, es preciso suponer, que el inventor tiene á su disposicion agua, que goza de un movimiento natural, independiente de todo lo que se puede imaginar para hacerla servir á su objeto; esta es una condicion, de que no se puede nadie separar sin caer en el absurdo.

»En cuanto al modo de hacer obrar el agua, se puede elegir entre la accion por impulso, y la accion por presion; se ha visto en el resúmen, al fin del capítulo anterior, que con el mismo modo de aplicacion (una rueda hidráulica) se obtiene por presion un efecto mas que doble del obtenido, haciendo obrar por impulso la misma fuerza de agua.

»Con todo eso, se habrá observado que el punto de aplicacion de la fuerza, en la circunferencia de la rueda debe estar animado de ménos velocidad, para tener el *máximo* efecto, cuando el agua obra por presion, que cuando obra por impulso; que por consiguiente el *movimiento primitivo*, que se trate de aprovechar, para alguna operacion fabril, es ménos rápido en el primer caso que en

* Es de la mayor importancia el fijar la consideracion sobre esta idéa; por lo que aconsejamos de nuevo la lectura de nuestra nota al párrafo 106 de este mismo libro.

el segundo, aunque haya mas potencia real, con la misma fuerza de agua. Hay mas potencia efectiva, porque debe uno acordarse, que se pierde mucho ménos de ella, por este modo de trasmitirla. Así, cuando no haya precision por algunas circunstancias especiales, y sin duda muy raras, de obtener *inmediatamente* del agua un movimiento rápido, no se debe dudar en hacerla obrar por presion. Verémos en el volúmen siguiente, como se trasforma un movimiento lento en un movimiento rápido *. No negarémos, sin embargo, el que podrán presentarse algunos casos en que la viveza de la accion impulsiva convendría mejor á las miras particulares que pudieran tenerse; hablarémos mas adelante de hacer esta accion lo mas favorable posible á la economía de la fuerza empleada.

83 »Las ruedas hidráulicas, que son los únicos medios de aplicacion de la fuerza del agua, se prestan muy bien al uno y al otro modo de hacer obrar la fuerza. No sucede lo mismo, como verémos en el capítulo siguiente, en otros medios de aplicacion, que el uso tiene adoptado ó puede adoptar; la mayor parte no se prestarían á ello, sinó complicando su construccion, y muchas veces con una pérdida considerable de fuerza.

»Por otra parte, de todos los modos de aplicar la fuerza del agua, las ruedas de paletas y de cajones son las mas usadas; y si no se puede asegurar que en todos los casos indistintamente, estas ruedas son preferibles bajo el aspecto de la economía del motor, al ménos podemos decir en general, que por la sencillez de su construccion, y de las disposiciones mismas que exigen para su establecimiento, por la cantidad de potencia que trasmiten principalmente las ruedas de cajones, y por la conveniencia en la mayor parte de los trabajos industriales, del movimiento directo de rotacion que suministran, merecen la eleccion que generalmente se hace de ellas; y á ménos de no hallar en algunas localidades particulares, ó en algunas circunstancias en que se quisiese por ejemplo, obtener directamente un movimiento de *vaiven mas ó ménos lento*, es preciso dar la preferencia á las ruedas hidráulicas. Por lo demas, en el capítulo siguiente, verémos las diversas especies de movimiento, que se pueden obtener directamente del agua, que se mueve, sobre la superficie de la tierra.

84 »Segunda cuestion. *Elegido el modo de hacer obrar el agua ¿qué debe hacerse para poner en actividad esta fuerza, y cuales son las disposiciones mas favorables á la potencia?*

---

* Esto se consigue por los engranages segun puede verse §§ 252, 253, y 254 Mec.

»Segun lo acabado de manifestar, entre la accion por *presion* y método de aplicarla, debe preferirse una rueda hidráulica de cajones. Como los casos, en que pudiera ser conveniente emplear otro modo de aplicacion, en vez de una rueda, son escepciones, nos contraerémos en el exámen de esta cuestion, á fijar precisamente nuestras observaciones en el empléo de una rueda hidráulica; por otra parte, los que hayan leido con atencion lo que antecede, y lean lo que nos falta decir, no se hallarán dudosos, para establecer bien otros modos de aplicacion, que razones particulares hiciesen preferir á las ruedas.

»Examinemos, sucesivamente, lo que se debe hacer cuando se trata de sacar partido de la fuerza motriz para alguna operacion mecánica industrial; 1.° de un rio; 2.° de un arroyo y de las aguas de manantiales; porque, para repetir lo dicho, solo bajo una ú otra de estas formas, se nos presenta el agua, con las calidades necesarias para llegar á ser un motor.

»Así, supongamos en primer lugar, que se trate de utilizar un rio ó un gran arroyo; puede suceder una de dos cosas: ó no es posible en razon de la disposicion del terreno, ó no se quiere por economía, desviar parte de las aguas de este rio ó arroyo para conducirlas al punto donde se trate de fundar el establecimento; ó se puede y quiere desviar una parte como se halle mas conveniente. En el primer caso, no hay que mudar nada en el curso del rio, sinó servirse libremente de su movimiento. Pero como conviene elegir el punto, donde las aguas tengan mayor rapidez, es preferible establecerse hácia el medio. En las orillas se halla estancada el agua por lo regular, ó sujeta á remolinos que desordenarían el movimiento de la rueda.

»Para tomar la fuerza motriz en medio de un rio, no se presenta muchas veces otro arbitrio, que establecer una rueda entre dos lanchas, bateles ó barcas *. Esta disposicion remedia un gran inconveniente de la situacion en que nos colocamos; queremos hablar de las variaciones perpetuas que sobrevienen á la altura del agua; en efecto, se concibe fácilmente, que estableciendo una rueda entre dos lanchas, permanece siempre la rueda sumergida en el rio una cantidad constante.

85 »Si no se pudiese conseguir el objeto sobre lanchas, en medio del rio, ya porque se entorpezca la navegacion, ya porque la natu-

* Esto es cuando sea muy caudaloso; pero en virtud de nuestra nueva construccion de obras hidráulicas, es muy fácil establecer en medio del rio dos pies derechos que sostengan los gorrones de la rueda, &&c.

raleza de las operaciones se oponga á semejante colocacion, sería preciso elegir en las orillas del rio ó del arroyo, algun parage libre, de suelo firme y en que corriese el agua regularmente con alguna velocidad; esto se verifica en los parages, donde el lecho de las aguas está naturalmente angostado. Aquí se colocará la rueda entre dos paredes paralelas de la solidez necesaria, y se dará al agua un poco de velocidad, haciéndola de este modo correr entre dichas paredes; pero se observará que no se remedia el inconveniente de las bajas y altas aguas; sucede pues, una gran parte del año, que la rueda se sumerge demasiado en el agua, lo que perjudica á la operacion, cuando las aguas están altas; ó que está muy poco sumergida, y no comunican sinó poca ó ninguna fuerza, cuando las aguas están bajas. Por consiguiente hay precision, colocándose sobre las orillas, de disponer la rueda de modo que pueda subirse y bajarse, para hacerla tomar el agua que convenga, como representa la (fig. 16, lám. 3).

» Pero, ya se coloque la rueda sobre lanchas en medio del rio, ó en las orillas, del modo esplicado, el proyectista no tiene en su mano el modo de la accion del agua en una ni otra de estas situaciones; no puede servirse sinó de su fuerza impulsiva, y por consiguiente de una rueda de paletas; una de cajones solo podría adquirir allí un movimiento incierto; las razones de esto, son fáciles de percibir, para que nos detengamos en ellas. Luego, si por una parte se gana en sencillez, de que son susceptibles en general, estas dos especies de establecimiento de la rueda, es indispensable renunciar á sacar el partido mas ventajoso posible de la potencia motriz, sin contar la sujecion en que se halla de usar de una fuerza como aquella, sin haber tomado las disposiciones necesarias para hacerse dueño de ella. Pero puede construirse al ménos la rueda de paletas, de modo que obtenga de la corriente libre el *máximo* efecto mecánico, que la construccion pueda proporcionar.

86 » Para esto, es preciso dar á la rueda la mayor ligereza posible sin perjudicar á su solidez. La altura de su diámetro depende de la distancia de la superficie de la corriente al punto donde se quiere que la rueda comunique el movimiento. Esta altura en el fondo es indiferente, bajo otros aspectos; porque nada puede añadir á la fuerza motriz del agua. Sobre este particular es uno árbitro de construir la rueda grande ó pequeña; las localidades serán las que decidan; pero respecto al ancho de las paletas (tomamos el ancho sobre una línea paralela al árbol de la rueda), es preciso que sea lo mayor posible, para recibir el impulso sobre una superficie mayor; porque no

es sobre la altura de las paletas donde se puede ganar superficie, en atencion á que una paleta que cala demasiado, levanta el agua al salir de ella, y esta circunstancia podría debilitar mucho el efecto útil de la potencia. Por consiguiente, debe uno limitarse á darles de 2 á 4 decímetros (de 9 á 17 pulgadas esp.) de altura; y favorecerá la potencia al ménos en $\frac{1}{10}$ de su fuerza, colocando sobre estas paletas rebordes laterales próximamente como de un decímetro de salida perpendicular á la paleta. Respecto del número de paletas, que debe tener la rueda, nos ha enseñado la esperiencia, que debe haber entre cada dos una distancia sobre poco mas ó ménos igual á su altura. En fin, cuando se coloque la rueda en sus apoyos, se debe procurar que *gire bien en redondo*; lo que se conoce fácilmente dando vueltas á la rueda con la mano delante de un punto fijo, que señale si todos los puntos de la circunferencia se presentan á él á la misma distancia.

»Colocada la rueda, hay que indagar la velocidad que debe tomar, para producir el *máximo* efecto; dos medios se presentan; la corriente, ó la misma rueda. Mídase la velocidad de la corriente, como ya se ha indicado, y combínese el sistema mecánico, de modo que permita tomar regularmente á la circunferencia de la rueda, los $\frac{2}{5}$ al ménos de la velocidad de la corriente; ó bien, hágase girar la rueda sin carga por la corriente, y tomando la *mitad* de esta velocidad, se tendrá la correspondiente al *máximo* efecto.

»El tomar el agua en toda la libertad de su curso, como la suponemos ahora, es sin duda lo mas sencillo que existe en el modo de hacer servir su potencia motriz para las operaciones industriales; pero no se puede negar que el empléo de una rueda hidráulica y las disposiciones que exige su colocacion, están sujetas á muchas dificultades, que algunas veces pueden ser insuperables. Así, por ejemplo, puede suceder que la navegacion del rio se oponga á la permanencia de las lanchas, hácia la mitad de su curso; ó bien que el trabajo exija distribuciones locales que dos lanchas no puedan permitir; pueden encontrarse aun grandísimas dificultades para establecer una rueda hidráulica en las orillas, como convendría ejecutarlo para el objeto propuesto; sin embargo, el paso de un rio ó arroyo, en un parage cualquiera, ofrece una masa enorme de potencia mecánica que nada cuesta; pero se trata de tomar esta fuerza, y tomarla por comunicacion; entónces sí que ocurren los gastos y que cuesta mucho su disfrute. Pero cuanto mas sencillo y ménos dispendioso sea el medio que se empléc para aprovechar esta fuerza, mas ventajas se en-

contrarán en la operacion á que ha de servir la potencia del agua; parecería pues que habría que hacer útiles investigaciones, sobre la cuestion de examinar cómo pudiera tomarse de un modo sencillo, económico, y sobre todo *independiente de las variaciones de altura que sufre un rio ó un arroyo*, la potencia mecánica que poséen, sin impedir en manera alguna la libertad de su curso. La investigacion de un modo de aplicacion, que tenga estas cualidades merecería seguramente la atencion del Mecánico.

87 »Veamos ahora lo que hay que hacer para el segundo caso, cuando se pueda y se quiera desviar una porcion de las aguas de un gran rio, admitiendo sin embargo que no se tenga la facultad de retener el curso por medio de un dique: lo cual se verifica en general con los rios navegables y flotables. Ó se tiene ya sobre una orilla un establecimiento edificado enteramente, al cual se quiere conducir la fuerza del agua, ó se halla uno en el caso de escoger sobre una de las dos orillas, el puesto mas á propósito que conviene mejor para tomar las aguas y aprovechar su fuerza.

»En ambos casos, hay que abrir un canal, cuya direccion será determinada por las localidades; este canal se unirá por la parte superior con el rio, á mayor ó menor distancia del establecimiento, y desembocará en este mismo rio á una distancia tambien mas ó ménos grande del punto en que el agua sirve de motor. Una fuerte compuerta, en cada estremo del canal, sujetará las aguas en los tiempos ordinarios; y el grado de potencia, de que uno pueda disponer, dependerá de la cantidad de agua que se desvíe, y de la diferencia de nivel que se halle entre la superficie del agua en la compuerta de entrada en el canal, y su superficie en la compuerta de descarga; esta diferencia representa la altura de caida de la potencia. Esta se conoce practicándose la nivelacion por hombres ejercitados en esta operacion, que, aunque muy sencilla en sí misma, exige sin embargo práctica para ejecutarse con exactitud *.

»Puede suceder que en el primer caso, teniendo poca inclinacion el rio, esta diferencia ó esta caida sea de poca importancia, en razon de la poca estension de terreno que se pueda destinar al ancho del canal, y por consecuencia poco espacio que se pueda dar entre el punto donde se toma el agua, y el punto de descarga. En esta circuns-

* Y la teoría competente; debiéndose tener en consideracion no solo la diferencia entre el nivel verdadero y aparente, sinó tambien la refraccion. En casos de esta naturaleza se deberá proceder haciendo uso de la tabla que ponemos en el (§ 657 I T. E.) que es la mas exacta que se conoce.

tancia solo hay un recurso, que es dar al canal un gran ancho, hacer su fondo y paredes bien lisas, y dar á una rueda de paletas todo el ancho del canal, haciéndola girar en el curso libre de sus aguas. Pero no se debe perder de vista que en esta situacion se corre el riesgo de las avenidas, y que es absolutamente indispensable proporcionar las construcciones á estas graves circunstancias, y dictar sus medidas segun las localidades en que uno se halle, y teniendo presente la estension de la entumescencia de las aguas.

»Pudiera suceder tambien el que no se lograsen evitar los riesgos de abrir en el punto donde se colocó la rueda, una salida al crecimiento de las aguas. Luego, si es uno el árbitro de elegir este sitio, es preciso, ántes de todo, tener en consideracion estas circunstancias, y elegir despues un parage situado entre dos puntos del rio, cuya diferencia de nivel sea la mayor. Entre estos dos puntos debe establecerse el canal de derivacion ó de reparto: se inclinará este canal, segun la pendiente del rio, si se quiere hacer girar una rueda de paletas, en el curso libre de las aguas; y si se quiere detener estas y aprovechar toda su caida en un punto dado, se tomarán las disposiciones de que hablarémos pronto.

»Aquí se ve que los rios y grandes arroyos tan ricos en potencia mecánica, presentan dificultades mas ó ménos grandes al establecimiento de las ruedas hidráulicas, que es el modo de aplicacion de la fuerza del agua mas usado. No sucede lo mismo con los riachuelos, pequeños arroyos y aguas de manantiales, de que nos resta hablar en segundo lugar.

88 »Cuando se pueda disponer de un riachuelo y uno sea el árbitro de arreglar su curso, segun las miras que convengan; cuando se haya hecho reconocer por medio de algunas niveladas su pendiente, hay dos modos de tomar el agua; ó en la parte superior á alguna distancia del establecimiento de la rueda, ó se toma inmediatamente: las localidades son las que deben guiar en esta determinacion. En ambos casos, se puede atajar trasversalmente el riachuelo, para elevar sus aguas; pero se proporciona esta elevacion á la pendiente reconocida por la nivelacion; de tal modo que las aguas, al refluir pór detras, á causa de la ataguía ó dique, no inunden y deterioren los terrenos superiores, ó perjudiquen á otro establecimiento hidráulico en la parte superior del rio, disminuyendo la altura de la caida de que está en posesion.

»Cuando se toma el agua, mediando alguna distancia de la rueda, podrá ser necesario una primera compuerta en el punto donde se to-

men, para no dejar penetrar en el canal, sinó cantidades de agua regulares, ó si se quiere una potencia motriz regular; las aguas sobrantes corren, salvando el dique que se les ha opuesto: con todo, una compuerta de descarga es tambien necesaria algunas veces, cuando el rio está sujeto á repentinas avenidas que obligan á dar á las aguas mas facilidad y prontitud de salida que por la parte superior. Es inútil decir que se arregle la cantidad de agua que quiera admitirse en el canal de derivacion, bajando ó alzando la compuerta de la toma de agua.

»Dicho canal debe tener muy poca pendiente, por las razones ya dichas al hablar de esta especie de construccion; y al estremo del canal establézcase una segunda compuerta que suministrará inmediatamente las aguas motrices. Esta compuerta se bajará, para dejar paso al agua si esta corre por un ladron ó abertura rectangular, y obra por presion; ó se elevará la compuerta para dejarla correr, si la abertura está por debajo de la carga de agua, y esta obra por impulso. En ambos casos, el canal puede ser atajado trasversalmente, en el punto en que está situada la rueda, por una pared sólida; en el primero, se aplica una compuerta á la parte superior de la pared; en el segundo, se aplica á la parte inferior, y en este hay que atender á hacer salir el agua, por una especie de tubo muy corto en forma de pirámide truncada, construido de albañilería, ó de tablas sólidamente sostenidas, cuyas paredes interiores sean bien lisas, y dar á la base menor de la pirámide ménos superficie que á las paletas de la rueda. Véanse sobre este objeto las fig.s 12 y 19, lám. 3.

»En general, es mas ventajoso hacer caer el agua por una abertura y que obre por su peso, que hacerla correr por debajo con la presion de la carga; esta cuestion se ha profundizado bastante en varias ocasiones; tambien es mas ventajoso dar al canal mas ancho que profundidad, y tomar por consiguiente una lámina de agua poco gruesa, pero lo mas ancha que permita la construccion. En las disposiciones que hay que tomar, para hacer obrar el agua, una de las mas importantes es la que tiene por objeto darle, despues de la accion, la mayor facilidad posible de salida; si se amontona detras de las paletas ó cajones, estorbará el movimiento de la rueda embarazándola, y podrá disminuir mucho el efecto de la potencia. Es, pues, necesario inclinar el canalizo y aun ensancharle partiendo del punto que pasa inmediatamente del diámetro vertical de la rueda, é impedir ademas, que las aguas del rio que no han servido, refluyan sobre las que se escapan del canalizo.

89 »Cuando la toma del agua tiene lugar en el punto mismo, en que se halla establecida la rueda, ó mas bien cuando esta se halla al lado del dique que detiene las aguas del rio, es difícil, con una sola compuerta, cualesquiera que sean sus disposiciones, el arreglar la fuerza en las variaciones de altura que esperimentan las aguas del rio; si son bajas, es preciso compensar la diminucion de la caida con una abertura de compuerta mayor; si son altas, es preciso darles ménos abertura; pero el modo de establecer esta compensacion, no es fácil para las personas encargadas de esta especie de pormenores; y es permitido creer que en un caso semejante, la potencia del agua varíe de intensidad con todos los movimientos de presion y elevacion del curso del rio. Entónces sucede, que si, con un trabajo dado, se tiene en un momento una velocidad de rueda correspondiente al *máximo* efecto, no se la tiene en otro, á ménos que no se hagan variar las resistencias de trabajo, lo cual en general no es practicable. Pueden evitarse estos inconvenientes, estableciendo una segunda compuerta de descarga al lado opuesto del dique, si lo permite el terreno, y fundar un sistema de operacion sobre un nivel de agua que se hace de modo que sea constante, ya cerrando, ya abriendo mas ó ménos la compuerta de descarga. Esta indicacion, por el nivel, es mas sencilla, y se halla enteramente al alcance de los que dirigen los trabajos de la rueda.

»Estando demasiado estendido el uso de dar poco ancho á las paletas (*) ó cajones de las ruedas, ha sido preciso, sobre todo para las primeras, emplear las esclusas y otros medios equivalentes, con el objeto de elevar el nivel de los rios. Si se diese, como debe hacerse, mucho ancho á las ruedas, hay varios casos en que sería suficiente hacer correr libremente las aguas sobre un suelo bien liso y poco profundo, y establecer en él una rueda ancha, sin otras disposiciones que una sola compuerta de desagüe. Esto sería particularmente aplicable á las pequeñas caidas con abundancia de agua, de las que en general no se sabe sacar bastante partido.

90 »En cuanto á los arroyos y aguas de manantiales, se acostumbra bastante el reunirlas en estanques ó grandes depósitos, desde donde se hacen correr las aguas, segun las necesidades de la opera-

(*) Esta es una verdad incontestable. Yo he visto en la fábrica de pólvora de S.t Chamas, que es una de las mas famosas de Francia, que las paletas de las ruedas eran mucho mas altas que anchas. Todas las ruedas que yo he visto, en nuestras ferrerías de las Provincias Vascongadas, se resienten mas ó menos de este defecto.

cion, á cuyo servicio se destinan. Sin embargo, cuando un arroyo presenta una caida de 15 á 20 pies, se la hace llegar, ó directamente á los cajones de una rueda, por un simple canal de conduccion, ó á un pequeño depósito, donde van las aguas á estenderse en su superficie y correr, en una capa delgada, á los cajones de la rueda. Este procedimiento es preferible al primero, tanto bajo el aspecto de la economía de fuerza, como bajo el de la regularidad, que se debe dar á la potencia del agua.

»En la construccion de un estanque donde se reunen las aguas, es indispensable dar una solidez muy grande al dique ó pared que se opone á la direccion del movimiento que tomaría la masa de agua si estuviese abandonada á sí misma. Este dique debe tener talud por ambos lados y constar de tierras arcillosas bien molidas y apisonadas, capa por capa; aun se necesita que una pared gruesa de albañilería la atraviese por medio en toda su longitud. La compuerta se coloca comunmente hácia la mitad de este dique y desemboca en un canal que conduce el agua al punto del trabajo. Ya se haga obrar el agua por impulso, ya por presion, es uno dueño de establecer la rueda, á una cierta distancia del estanque; pero entónces es preciso construir un pequeño depósito de servicio, tanto para arreglar las cantidades de agua que se quieran gastar, como para determinar exactamente el modo segun el cual se ha de verificar la salida. Bien se conoce que no ha de darse al canal que conduce las aguas del estanque al pequeño depósito de servicio, sinó el grado de inclinacion rigorosamente necesario, al movimiento del agua en dicho canal.

»Se colocará la rueda muy cerca de la compuerta del estanque, si conviene usar de este pequeño depósito, que se debe cuidar por otra parte que se halle inferior al nivel de las aguas bajas del estanque. De este modo se tiene una potencia mecánica regular, lo que en el empléo del agua, como fuerza motriz, es una de las condiciones mas importantes. Tales son las principales disposiciones que deben tomarse en el servicio de este motor, teniendo en comsideracion las diversas formas, bajó que se presenta en la superficie de la tierra. No hemos podido tocar sinó los puntos mas sobresalientes de este objeto, en atencion á que las localidades, tan variadas en sí mismas, influyen esencialmente en el modo de hacerse uno dueño de las aguas, para que sirvan á una operacion mecánica. No hemos podido, pues, entrar en mas pormenores, temiendo caer en un círculo de observaciones y notas cuyas aplicaciones hubieran sido limitadas á algunos casos particulares. Lo dicho sobre esta materia nos parece bastar para

llamar la atencion sobre los puntos principales de un establecimiento de esta naturaleza, y para manifestar el objeto adonde se debe llegar.

91 »Tercera cuestion. *¿Cómo se valuará la fuerza del agua, segun las diversas circunstancias en que se presenta ordinariamente, ó el modo de aplicacion adoptado, ya en pesos elevados á una cierta altura, ya en cantidad de cualquier trabajo industrial?*

»En el exámen de esta cuestion nos contraerémos con preferencia á las ruedas hidráulicas, como anteriormente, y por las mismas razones. El cálculo de la fuerza del agua, con otro cualquier modo de aplicacion, no presentará una dificultad de consideracion á los que hayan comprendido bien lo que hemos dicho de esta fuerza y de los fenómenos de su accion. Por otra parte, no ha de perderse de vista que los cálculos á que vamos á someter el empléo de las ruedas hidráulicas, en los diversos casos que presenta, solo pueden ser aproximados: sabemos todo lo que se opone á que se obtengan valores exactos. Repetirémos sobre este particular, lo dicho ya muchas veces; lo esencial, en los problemas de Mecánica industrial, es estimar las fuerzas, mas bien por defecto que por esceso; pudiera haber aun en esto grandes inconvenientes, si se atribuyese á una corriente de agua mas potencia de la que realmente tiene; y fundar sobre una exageracion de esta naturaleza, un sistema de operaciones que no pudieran ejecutarse, porque se hubiese valuado demasiado alta la fuerza disponible; pero no hay inconveniente en apreciarla muy baja; en atencion á que si en algunos casos, sin duda muy raros, el esceso de la potencia efectiva pudiese perjudicar, siempre sería uno dueño de disminuir su intensidad.

92 »Sabemos que el efecto producido por la potencia del agua varía segun el método de hacerla obrar; tómese esta potencia, ó en una corriente natural á la que se deja toda la libertad de su curso, ó en una corriente facticia, cuyo movimiento y direccion se arregla, para hacer obrar el agua ya por impulso, ya por presion. Un ejemplo tomado en cada uno de los casos que pueden ofrecer estos diversos modos de accion, bastará para poner en estado de calcular el efecto que debe esperarse de la fuerza del agua, en todas las circunstancias análogas.

1.° »Supongamos que se quiere aprovechar una corriente dada, dejando libre su curso, por medio de una rueda de paletas: pídense las dimensiones que deben tener estas, para hacer mover, por ejemplo, un número determinado de piedras de moler trigo, de telares de hilar, de pilones para abatanar los paños, &c. &c. Presentamos de in-

tento la primera cuestion bajo esta forma, porque, en primer lugar, tenemos que manifestar, cómo puede valuarse la cantidad de semejante trabajo, que haría una corriente de agua dada, aunque no se conozca en general, la espresion en quilógramas elevadas en un cierto tiempo á una cierta altura, de la fuerza que exige cada especie de trabajo industrial, y que, en las investigaciones esperimentales sobre la potencia mecánica del agua, se haya siempre comparado su valor con un cierto número de quilógramas elevadas á una cierta altura, y no á una cierta cantidad de trabajo hecho (*).

93 »A falta de esperimentos directos sobre este objeto, vamos á indicar un medio indirecto de calcular qué cantidad del tal trabajo puede hacerse con una corriente determinada de agua; y esto se aplica á todas especies de ruedas hidráulicas, así como á otro cualquier modo de aplicacion. Volvamos á considerar la cuestion anterior: supongamos que se quiere establecer una rueda de paletas sobre una corriente libre, para obtener un trabajo de tal especie y de tal estension.

»Si se sabe á cuantas quilógramas elevadas á un metro, por ejemplo, equivale el trabajo que se considera, calcularíamos por las reglas ya dadas, y que vamos á recordar, el ancho y altura que se debe dar á las paletas, para que con la corriente disponible, obtenga esta potencia; pero si no se conoce este equivalente de trabajo, he aquí como se debe proceder; se buscará en un establecimiento ya formado: si son piedras de moler trigo, las que hay que hacer andar, se elegirá un establecimiento de este género donde se muevan, por la fuerza del agua, el número de piedras que se proponga uno tener, ó un número cualquiera; calcúlese la fuerza de la corriente de agua que hace su servicio, importa poco que sea por impulso ó por presion, y valúese su efecto en quilógramas, elevadas á uno ó muchos metros de altura en un tiempo dado. Este valor, en quilógramas, espresa de un modo aproximado, la fuerza que exige el número de piedras empleadas. Despues, con este valor, así espresado, se determinarán las dimensiones de las paletas, del modo siguiente.

»Supongamos que en un establecimiento en actividad, se haya encontrado que la potencia mecánica gastada es equivalente, por ejemplo, á 200 quilógramas elevadas á un metro de altura en un segundo, y que con esta potencia, se haga regularmente el mismo tra-

(*) Esto es lo que yo me propuse hacer desde el año de 1809, en que compuse mi *Compendio de Mecánica práctica*; y el resultado de todas mis investigaciones lo presento en el capítulo tercero de este mismo libro.

bajo que se pretende ejecutar; será pues preciso tomar en la corriente una fuerza equivalente al ménos á aquella, para obtener los mismos resultados, si el agua obra en dicho establecimiento, del mismo modo que se la quiere hacer obrar, es decir por impulso. Entónces, no hay necesidad de buscar la relacion de la potencia mecánica gastada, al efecto producido; puesto que empleando el agua del mismo modo, se obtendrán los mismos resultados con una potencia que se proporcionará mas bien en esceso que igual á aquella, para no engañarse.

»Pero si se emplease el agua por presion; sería necesario en la posicion en que uno se encuentra, de no poder hacerla obrar sinó por impulso, el buscar la relacion del efecto producido con la potencia, para hacerla servir de base á los cálculos. Considerémos en primer lugar el caso en que la accion es la misma, y supongamos que la velocidad de la corriente sea dos *metros* (unos 7 pies españoles) por segundo. No se puede dar á las paletas mas de cuatro *decímetros* (como pie y medio español) de altura. Supongamos admitida esta altura; calcúlese entónces la potencia por *decímetro de ancho* de paleta; y se halla que es equivalente á una masa regular de agua, de dos *metros* ó de veinte *decímetros* de *longitud*, y de cuatro *decímetros cuadrados* de base ó de ochenta *decímetros cúbicos*, ó en fin de 80 quilógramas, masa que viene á chocar la paleta en cada segundo, con una velocidad de dos *metros*, cuya altura debida es de cerca de 202 milímetros. Luego, multiplicando la masa chocante 80 *quilógramas* por la altura *debida* á la velocidad, se tiene para *cada decímetro de ancho de paletas*, una potencia equivalente á $80 \times 202 = 16160$ *quilógramas* elevadas á un *milímetro* de altura por segundo. Pero 200 quilógramas elevadas á un *metro* que representan la potencia del establecimiento en actividad, son lo mismo que 200000 quilógramas elevadas á un *milímetro*; divídase pues este número por 16160, y el cociente dará el número de decímetros de latitud que ha de darse á las paletas, con cuatro decímetros de altura; el cociente es 12,4 próximamente; de donde resulta que las paletas deberán tener 1,24 metros (cerca de cuatro pies y medio) de ancho para obtener una potencia, poco mas ó ménos igual á la que hace el servicio del establecimiento de que se trata.

»Se estará tanto mas seguro de los resultados de este cálculo, cuanto mas se aproxima el modo de hacer obrar el agua en este establecimiento al que se intente emplear. Si hubiese alguna diferencia importante en favor del establecimiento en actividad, como por ejemplo, que el canalizo abrazase tan exactamente como posible fuese

las paletas de la rueda, sería preciso, segun lo dicho sobre el valor del impulso del agua en diversas circunstancias, aumentar el ancho de la rueda, como una octava parte, para tener todas las ventajas á favor del proyecto.

94 »Ahora, si el establecimiento-modelo, emplease el agua por presion, con una rueda de cajones, sería preciso calcular en primer lugar la potencia mecánica gastada; y despues la relacion del efecto producido á la potencia empleada, que, por los esperimentos del capítulo anterior, sabemos es al ménos la de 2 á 3. Así, suponiendo que la potencia mecánica gastada sea equivalente á 200 quilógramas elevadas á un metro en un segundo, el valor del efecto producido, ó, lo que es lo mismo aquí, la *fuerza realmente trasmitida* por la rueda, para producirle, es equivalente á $133\frac{1}{3}$ quilógramas elevadas á un metro en un segundo. Mas para producir por impulso un efecto de $133\frac{1}{3}$ quilógramas elevadas á un metro en un segundo, es preciso gastar mas de 200 quilógramas de potencia, atendiendo á que la relacion de la potencia al efecto es próximamente como 9 á 2 para una rueda como la que se quiere emplear; luego se dirá 2 : 9 :: $133\frac{1}{3}$ es á un cuarto término, que representará la potencia de que hay necesidad, para obtener un efecto igual á $133\frac{1}{3}$ quilógramas: este cuarto término es 600; luego es preciso gastar una potencia equivalente á 600 quilógramas elevadas á un metro de altura, en un segundo, para producir, con la rueda de impulso, el mismo trabajo que se obtiene, en dicho establecimiento, con una rueda de cajones.

»Mas para encontrar en esta hipótesis, cual debería ser el ancho de las paletas, se debe considerar que hay 600 quilógramas á un metro, que equivalen á 600000 quilógramas á un milímetro; dividiendo como anteriormente este número, por la potencia correspondiente á un decímetro de ancho sobre cuatro de altura de paleta, ó por 16160, se hallará que la rueda debe tener un poco mas de 37 *decímetros de ancho*, lo que no está fuera de los límites de la construccion de las ruedas. Con todo, si no se quiere adoptar una construccion de esta especie, sería preciso resolverse á hacer ménos trabajo que el que se haría en el *establecimiento-modelo*, ó sería preciso que la corriente tuviese mas velocidad. Llamamos establecimiento-modelo, aquel en que se ejecuta el género de trabajo que uno se propone; y lo que acabamos de decir se aplica á todas las especies de operaciones mecánicas, como tambien á la molienda de que se ha tratado en nuestra hipótesis.

95 »2.° Supongamos que, en lugar de servirse de una corriente

libre, se atajasen las aguas para elevarlas, y que tengan una caida artificial; supongamos ademas que la abertura de la compuerta se haga por debajo, es decir, que se verifique la salida por una abertura rectangular, practicada á una cierta distancia de la superficie de las aguas del depósito; esto es lo que comunmente se practica cuando se sirve uno de ruedas de paletas, y de la fuerza impulsiva del agua.

»Se trata de calcular, en este caso, la fuerza que hay disponible, y la cantidad de un género determinado de trabajo, que pueda producirse con esta fuerza. Supongamos, pues, respecto al primer punto, que la altura de la caida, partiendo del asiento de la compuerta, sea por ejemplo de 24 *decímetros*; que levantada la compuerta todo lo posible, para no gastar mas agua, que la que suministre el depósito y este conserve su nivel, ó para el servicio ordinario del establecimiento; que la compuerta, decimos, presente un orificio de salida de diez decímetros de ancho sobre 6 de altura; si se conoce la velocidad del agua á su salida de la abertura de la compuerta, en la unidad de tiempo, se multiplicará el área de la abertura, reducida cuanto deba ser en razon de la contraccion de la vena fluida, por el número de metros, que corre el agua en esta unidad de tiempo, y se tendrá la masa de agua que obra, en este mismo tiempo, que se multiplicará por la altura de caida, para conocer la potencia mecánica de la corriente del agua. Pero, por lo comun, es mas difícil ó mas embarazoso, determinar directamente la velocidad del agua en esta especie de casos, que deducirla de la altura de caida, que siempre es fácil de medir.

96 »He aquí el modo con que se deberá proceder en este caso; acordémonos que la velocidad dependería de la altura de la caida: pero como en nuestra hipótesis, el orificio de salida tiene 6 decímetros de altura, todas las moléculas de agua que se presentan á la vez en este orificio para correr, no esperimentan la misma presion, por hallarse á diversas distancias del nivel del depósito; luego será preciso tomar aquí la altura media entre la distancia de la superficie del agua y el asiento de la compuerta y la que hay entre esta superficie, y el límite superior de la abertura; la primera distancia es de 24 decímetros, y la 2.ª de 24 ménos 6, ó de 18; sumando pues estos dos números, dan 42, cuya mitad 21 decímetros representa la altura media. Se trata de averiguar, cual es la velocidad *debida* á esta altura. Se sabe que las velocidades son como las raices cuadradas de las alturas, y por lo

mismo se dirá; 49 decímetros : 21 decímetros, altura media de la caida : : 9604, cuadrado de 98 decímetros, velocidad debida á una altura de 49 decímetros : al cuadrado de la velocidad buscada, ó 4116. Estrayendo la raíz cuadrada de este número, se encontrará próximamente 64 decímetros de velocidad por segundo. Multiplicando ahora 64 por 60 decímetros cuadrados, área de la abertura de la compuerta, se tendrán 3840 decímetros cúbicos ó quilógramas de agua, que reducidas á $\frac{5}{8}$, en razon de la contraccion de la vena, dan una masa de agua corrida en un segundo igual á 2400 quilógramas. En fin, se conocerá la potencia mecánica del curso del agua, multiplicando 2400 quilógramas por 21 decímetros, altura media de la caida, lo que dará por producto 5040 quilógramas, elevadas á un metro de altura por segundo.

97 »Si se quiere conocer qué cantidad de tal especie de trabajo, puede producirse con esta fuerza, será preciso recurrir como anteriormente, á un establecimiento del mismo género que esté en uso; y aplicando á este los mismos cálculos, si el agua obra del mismo modo, se podrá juzgar, si se obtiene de la fuerza motriz, tanto ó mas trabajo. Así, supongamos por ejemplo, que dicho establecimiento empléa una fuerza equivalente á 2520 quilógramas, elevadas á un metro en un segundo; se puede esperar hacer con esta fuerza un trabajo duplo del que hace con la suya, que es subdupla.

»En cuanto á la accion del agua por presion tiene lugar comunmente ó por un rebosadero ó por un canal que conduce libremente el agua á los cajones de la rueda. En el primer caso, hemos visto, en el capítulo anterior, cómo han de valuarse las cantidades de agua gastadas por un rebosadero; y conocidas las cantidades que han salido en un tiempo dado, solo falta, para valuar la potencia mecánica, multiplicar esta masa por la altura de caida. En el segundo caso, el medio de valuacion mas seguro, y que por lo regular es practicable, consiste en recoger la cantidad de agua que sale por el canal, y multiplicar del mismo modo esta cantidad, espresada en quilógramas ó bien en otra unidad de peso, por la altura de caida, ó mas bien por el diámetro de la rueda, si el canal está por encima para tener la *mínima* potencia.

98 »Para terminar lo que nos falta decir sobre esta cuestion, recordarémos que cuando el agua obra por *presion sobre paletas*, como se ha visto en nuestros esperimentos del capítulo anterior, la relacion de la potencia gastada al efecto producido, es próximamen-

te la de 2 á 1; pero que con una rueda de cajones esta relacion es próximamente la de 3 á 2. Luego es preciso tomar en consideracion esta diferencia, cuando se buscan en un establecimiento en actividad, cuya fuerza motriz obra por presion, los datos necesarios para valuar, como lo hemos manifestado ántes, la cantidad de trabajo del mismo género, que puede hacerse con la corriente de agua de que se quiera sacar partido.

99 »Cuarta cuestion. *¿Cómo se reconocerá si se aprovecha ó no toda la fuerza motriz del agua empleada en un establecimiento? Y si hay vicios en su aplicacion ¿se pueden corregir sin destruir totalmente el sistema?*

»Si nos fuese permitido en el punto en que nos hallamos, tratar esta cuestion con todos los pormenores que en sí envuelve, tendríamos mucho que hablar sobre este objeto; en efecto, la ventaja ó desventaja del partido que se saca de la fuerza motriz del agua, en un establecimiento ya formado, proviene de muchas causas, cuyo conocimiento no es propio de este lugar; por lo que nos vemos obligados á limitar esta cuestion al simple exámen de lo relativo á la accion del agua, y al modo de aplicacion, suponiendo que todo el resto del sistema mecánico se empléa como debe ser. Usar del agua por impulso, donde pudiera hacerse por presion, es el mayor defecto que puede observarse, al emplear una corriente de agua; y puede uno asegurarse, que para todas las caidas, sobre todo superiores á dos metros, hay que ganar mucho en general, sustituyendo la accion por presion á la de impulso *.

»Para juzgar de la ventaja que puede sacarse de esta sustitucion, supongamos que en un establecimiento, la fuerza impulsiva del agua gastada sea equivalente á 5040 quilógramas elevadas á un metro por segundo; se sabe que la fuerza realmente *trasmitida* solo estará en la relacion de 2 á 9 con la fuerza gastada; luego el trabajo hecho será equivalente á 1120 quilógramas elevadas á un metro de altura por segundo; y aun es preciso que el modo de aplicacion se escoja y establezca convenientemente.

»Sustitúyase á la rueda de paletas una de cajones por ejemplo; y en lugar de hacer obrar el agua por una abertura de compuerta inferior, hágasela caer lentamente por un rebosadero, cuyas dimensiones sean tales que, en el mismo tiempo se gaste la misma cantidad

* Yo he visto ruedas de solo 4 pies de diámetro que hacían muy buen servicio por presion, y daban movimiento al hilado de una fábrica de paños.

de agua que ántes; el trabajo hecho, comparado con la misma potencia gastada estará al ménos en la relacion de 2 á 3, y equivaldrá á 3360 quilógramas elevadas á un metro de altura en un segundo. De donde resulta, que el efecto producido será triple del que se obtenía con el impulso, haciendo uso de la misma potencia mecánica. Una mudanza de esta naturaleza puede hacerse con seguridad sin cambiar el sistema entero de las máquinas empleadas; influye principalmente sobre las disposiciones de la corriente de agua; y de la rueda; y solo con presencia de las localidades, es como es posible decidir, hasta qué punto llegarían los gastos de semejante mudanza. Hay muchos que se prestarían muy bien á esta mudanza, sin exigir grandes gastos.

100 »Pero en el uso mismo de una rueda de cajones pueden tambien presentarse defectos, que influyan mas ó ménos en la cantidad de trabajo producido, y de los que darémos á conocer los principales. 1.° Cuando el agua sale del rebosadero para caer en los cajones, describe una porcion de curva llamada *parábola*; y la rueda en virtud de su posicion respecto á esta curva líquida, puede recibir su accion directamente sobre el fondo de los cajones, ó en otros términos, en la direccion de la circunferencia donde se verifica la accion; ó bien en una direccion mas ó ménos opuesta á la llanta de la rueda; de tal modo que el agua, en lugar de caer directamente en el fondo del cajon, viene á chocar, bajo un ángulo de inclinacion mayor ó menor, á la pared vertical del cajon. En el primer caso, el agua obra tan eficazmente como puede hacerlo; en el segundo, se concibe con facilidad, sin entrar en esplicaciones superfluas, que la potencia obra con desventaja. Esto puede suceder, por estar la rueda muy próxima al rebosadero, y por tomar el agua en un punto demasiado elevado de la curva parabólica. Bien se conoce, que es fácil corregir este defecto; ya desviando la rueda, ya retrasando el plano anterior del rebosadero, ya disminuyendo el gasto de agua si puede hacerse sin inconveniente, hasta que la tangente de la curva se confunda en algun modo, con la que se tirase al punto de la circunferencia sobre que obra el agua á su salida del depósito. 2.° La rueda puede girar con demasiada velocidad, y tal vez exceder, como se ve frecuentemente, á los dos metros de velocidad por segundo; en este caso es preciso ó disminuir el gasto del agua, ó aumentar la carga, hasta que la velocidad de la rueda sea solo 10 ó 12 decímetros por segundo. 3.° En fin, los cajones pueden ser demasiado pequeños; y lo son, cuando el agua se sale de ellos, ántes que lleguen á la parte inferior de la rueda.

En general, los cajones para tener la forma conveniente, deben ser bastante grandes en consideracion á las cantidades de agua gastadas, para no llenar sinó la mitad ó dos tercios lo mas de su capacidad.

101 »En cuanto á los defectos que pueden presentar las ruedas de paletas debe advertirse que generalmente son relativos á su velocidad, y al modo de separarse y huir el agua despues del choque, sin contar lo ya dicho respecto á las paletas demasiado altas. Acerca de la velocidad, el medio mas sencillo y espedito para asegurarse de si la rueda toma la que da el *máximo* efecto, es el hacerla girar sin carga, y ver si con la carga comun, adquiere mas ó ménos de la mitad de esta velocidad; si adquiere mas, es preciso, ó aumentar la carga, ó disminuir la abertura de la compuerta; si toma ménos, es preciso disminuir la carga ó aumentar la abertura de la compuerta, hasta obtener la mitad de dicha velocidad. Respecto del modo de hacer escapar el agua, despues de su accion útil sobre las paletas, no pueden remediarse los defectos que ofrece amontonándose detras de ellas, sinó levantando la rueda, ó ensanchando ó profundizando si se puede el estremo del canal por donde corren las aguas. Por lo comun, estos son los principales defectos que, como motor ofrece el uso del agua en las ruedas hidráulicas, sin olvidar la restriccion entre los límites señalados. Se ve, que pueden remediarse los que acabamos de señalar, sin mudar todo el sistema de la operacion mecánica, cuyo servicio hace el agua y aun algunas con muy pocos gastos, y muy ligeras mudanzas.

102 »Quinta cuestion. *¿Cuál es en un caso dado, el valor del influjo del aumento ó diminucion de las aguas afluentes sobre la cantidad de trabajo producido?*

»Esta cuestion, ménos importante que las anteriores, se resuelve fácilmente con las reglas aplicadas á la tercera; hay que valuar la fuerza en las diversas mudanzas que puede sufrir, por el aumento ó la diminucion de las aguas motrices, y comparar entre sí los efectos respectivos producidos. De este modo podrá determinarse el valor de esta influencia, en los diversos casos que puedan presentarse. Por lo demas, remitimos al lector á las observaciones hechas sobre las reglas de *Smeaton*, en el artículo de los esperimentos sobre las ruedas de paletas."

103 El capítulo XXVIII trata de los diferentes modos de aplicar la fuerza del agua; y dice así: Pág. 391 «En el estudio, que acabamos de hacer, del agua, como motor, la hemos considerado sucesivamente en los fenómenos que presenta en reposo en los depósitos

rior de una caida considerable. Añadirémos que se puede reemplazar el cuerpo de bomba por un simple depósito puesto en comunicacion con la columna motriz; y el émbolo, por un flotador, en virtud del sistema de *Mr. Solages*. Esta disposicion convendría á las grandes masas motrices de agua, ó bien cuando no se tuviese necesidad sinó de un movimiento alternativo muy lento: debiendo ser las dimensiones del depósito, y del flotador mucho mayores que las del cuerpo de bomba y del émbolo de la máquina de columna de agua ordinaria.

105 »2.° *Palanca hidráulica de Aldini* (fig. 8, lám. 2). Este modo de aplicacion ingenioso, da inmediatamente, y de un modo muy simple, el movimiento rectilíneo de *vaiven horizontal*; no se ha empleado en grande todavía, ó al ménos no ha llegado á nuestra noticia. No dudamos sin embargo, que este modo no pueda serlo con ventaja cuando se puede disponer solo de un pequeño arroyo; y sobre todo, cuando el trabajo, que se debe hacer, ha de ejecutarse directamente por un movimiento de *vaiven horizontal*.

106 »3.° *Balanzas y palancas hidráulicas* (figs. 7 y 10 lám. 2). Cuando, sin grandes gastos, las circunstancias permiten su aplicacion, son en general muy ventajosas, si se tiene necesidad de un movimiento-motor alternativo de una cierta lentitud. Perderían sus ventajas, si fuese necesario acelerar este movimiento, ó trasformarle en otro por una combinacion de piezas accesorias. Entónces las ruedas de cajones serían preferibles.

107 »No citarémos para la segunda serie, sinó las *ruedas hidráulicas*. Se obtiene por estos modos de aplicacion el *movimiento-motor* que parece en general apropiarse mejor á los diferentes sistemas de operaciones mecánicas, queremos hablar del movimiento contínuo de rotacion. Se pueden dividir estos modos de aplicacion en dos géneros: el primero que proporciona inmediatamente el movimiento de rotacion en el *plano horizontal*, y el segundo en el *plano vertical*, como las ruedas ordinarias de paletas y cajones.

»Las ruedas del primer género pueden ser movidas, como las del segundo, por impulso, ó por presion; pero en este último caso, no es por el pesó del agua, sinó por su *reaccion* (1). Las ruedas de

(1) *Daniel Bernoulli* es quien parece haber observado el primero que el agua de un vaso, cuyas paredes comprime, rechaza este vaso en una direccion opuesta al orificio de salida. He aquí como se esplica este fenómeno.

"Hágase una abertura en el lado de un vaso lleno de agua, á un metro, por ejemplo, de profundidad; el agua correrá por él con toda la velocidad *debida* á esta altura, y la presion que se verificaba sobre el punto de la pa-

paletas curvas ó álabes, plantadas perpendicularmente al rededor del árbol vertical, y otras ruedas análogas, la *Danaida* (figs. 17 y 18 lám, 4) del marqués de *Mannouri-Dectot*, marchan por el impulso del agua. Los volantes hidráulicos (figs. 32 y 33 lám. 4), las ruedas de reaccion (figs. 30 y 31 lám. 4) marchan en virtud de la presion de este fluido; las localidades parece deben tenerse muy presentes al elegir estos modos de aplicacion, y la necesidad que se puede tener de un movimiento de rotacion en el plano horizontal, para ejecutar el trabajo que uno se propone, debe considerarse tambien: tal sería por ejemplo, el de las piedras de moler el trigo; se obtiene directamente de la rueda horizontal, sin entorpecer entre el modo de aplicacion y el trabajo ninguna pieza accesoria.

»Las ruedas verticales son las mas generalmente empleadas, y tambien son las mas ventajosas. El movimiento-motor que dan, se presta muy bien á las trasformaciones que el trabajo puede exigir; se les puede dar por otra parte tanta altura de diámetro como una buena construccion puede permitir, lo que conviene principalmente para

---

red, donde la abertura está practicada, cesa en el instante, mientras que continúa ejerciéndose con la misma fuerza sobre todos los puntos correspondientes á la misma profundidad; el equilibrio de presion no existe pues ya en el instante que el desagüe principia; y el punto, directamente opuesto al orificio, es rechazado hácia atras, pues que la presion que recibe no es ya contrabalanceada por la que tenía lugar en el punto opuesto, ántes que la abertura hubiese destruido allí la presion. Luego si el vaso está dispuesto, de modo que pueda ceder á esta presion, se mueve con una fuerza de reaccion igual á la que hace salir el fluido por la abertura. Para valuar esta fuerza, basta determinar la velocidad del agua á la salida del orificio. Se sabe que la velocidad á la salida es determinada, cuando se conoce la altura de la caida á partir del nivel en el depósito hasta el centro del orificio.

»Una rueda de reaccion, ó un volante hidráulico, están puestos en movimiento con una fuerza igual á la que se verifica contra la parte opuesta del orificio, sobre una superficie igual á la de este orificio.

»Si la rueda ó el volante hidráulico están sin carga, y perfectamente móviles sobre su eje de rotacion, se moverán en sentido contrario del agua que sale, en el momento que esta pueda escaparse, y su velocidad se acelerará mas y mas, hasta que llegue á la que puede dar la carga de agua motriz; mientras que la velocidad del agua que sale, disminuirá mas y mas, y acabará por caer, sin velocidad sensible, cuando la rueda ó el volante hayan adquirido toda la velocidad debida á la carga de agua.

»Toda la velocidad habrá, pues, pasado á la rueda misma, que se alejará del agua que sale del orificio, con la misma velocidad que esta se alejaría de la rueda si fuese inmóvil. Para valuar los efectos mecánicos que podría producir este modo de aplicacion, es necesario recurrir á la esperiencia, en atencion á que el fenómeno de la salida del agua por los orificios, y de su movimiento en los espacios estrechos que atraviesa, complican ordinariamente esta cuestion á causa de la fuerza centrífuga, que resulta del movimiento de rotacion, comunicado ó al volante ó á la rueda.”

las ruedas de paletas; porque, como es fácil de concebir, una rueda grande recibe mejor el impulso que una pequeña. Se puede ademas dar á las paletas un ancho que no se podría admitir para ruedas horizontales. Añadamos que es mas fácil montar con exactitud los muñones del árbol horizontal de una rueda vertical, sobre sus muescas ó mortajas, que el árbol vertical de una rueda horizontal sobre su tejuelo, y la argolla superior que debe mantener el árbol bien exactamente en la vertical. Esta consideracion importa mucho en la eleccion que se haga entre estas dos especies de ruedas.

»Se ve algunas veces ruedas de paletas inclinadas sobre el radio: nos remitimos á lo que hemos dicho mas arriba; pero notarémos aquí, que la práctica ha manifestado que la inclinacion de las paletas solo convenía cuando se les daba mas altura que la ordinaria, y cuando se hacía uso del curso libre de un rio. En fin, recomendamos al exámen atento de los demas modos de aplicacion de la fuerza del agua, de que hemos hablado (39); y si se han comprendido nuestras observaciones sobre todo lo que pertenece al agua, esperamos que no quedará dificultad ni duda sobre el mejor modo de hacer uso de esta fuerza, en todas ocasiones; y de medirla en las diversas circunstancias en que se aplica á las operaciones mecánicas de la industria."

CAPÍTULO II.

Recapitulacion de los principios y conocimientos de Mecánica mas indispensables para el establecimiento de las máquinas, y que no se hallan en los libros elementales. Teoría de la resistencia y choque de los fluidos. Y efecto útil que producen las diferentes ruedas hidráulicas, dando á conocer como mas ventajosas las que yo tengo ideadas.

108 Por lo espuesto en el capítulo anterior, se habrá notado, que si el agua presenta una fuerza motriz, es por la resistencia que le oponen los diversos cuerpos que encuentra en su tránsito. Tambien se ha visto en el mismo capítulo que, en general, los cuerpos que reciben la accion del agua, para trasmitirla despues con mayores ventajas á los diversos trabajos industriales, son los que se comprenden bajo el nombre de *ruedas hidráulicas*; é igualmente se han dado á conocer las principales de dichas ruedas, por la via del raciocinio enlazada con la esperimental. En este capítulo, nos proponemos desenvolver con mayor estension, generalidad y exactitud, la doctrina de las espre-

sadas *ruedas hidráulicas*, para examinar el efecto útil que cada una puede producir, y descender á los pormenores convenientes para su buena construccion, de modo que se puedan aplicar con éxito feliz á los trabajos de la industria.

109 Si observamos con detencion la rueda (fig. 11 lám. 2), notarémos, que el movimiento rectilíneo que tiene el agua en el plano horizontal, ó en una direccion poco inclinada, pero rectilínea, se convierte por medio de la rueda en un movimiento de rotacion; en las (figs. 4 lám. 1, y 23 lám. 4) se advierte que el movimiento rectilíneo del agua en un plano de inclinacion sensible, se convierte, por el intermedio de la rueda, en un movimiento tambien de rotacion; y por último, la (fig. 22 lám. 3) nos manifiesta, que el movimiento rectilíneo del agua, en el plano vertical, se convierte, por medio de la rueda, en un movimiento que tambien es de rotacion. Lo cual nos indica, en general, que con el auxilio de una rueda hidráulica se convierte el *movimiento rectilíneo en movimiento circular de rotacion.* Por consiguiente, una rueda hidráulica es una verdadera máquina en el sentido que hemos dado á esta paladra (§ 215 Mec.), y corresponde á la 3.ª clase de las 21 en que se pueden dividir todas las máquinas inventadas y por inventar, segun la interesantísima obra de los Sabios Españoles don José Lanz, y don Agustin de Betancourt, de que hemos hablado (§ 266 Mec.). Por esta causa, para la buena ejecucion de las ruedas hidráulicas, se necesitan tener en consideracion todas las mejoras que corresponden á las máquinas; y hallándose de este modo sometidas las ruedas hidráulicas al imperio de la Mecánica, su construccion, aplicacion y mejoras, estribarán en los conocimientos de Mecánica, que son comunes á todas las otras máquinas: por cuyo motivo, nos vemos precisados á intercalar aquí todo lo mas esencial que conviene tener presente para el establecimiento de las máquinas en general, y con mas especialidad para las que reconocen el agua por motor. Por otra parte, como el impulso que comunica el agua, es producido por la resistencia que ofrecen las ruedas ó cuerpos, ya al choque, ya á la presion del agua, nos aprovecharémos con mas utilidad de este impulso, mientras mayores sean los conocimientos que se tengan acerca de la resistencia y choque de los fluidos; por lo que, si queremos establecer la doctrina de las espresadas ruedas hidráulicas del modo mas exacto que permita el estado actual de los conocimientos humanos, deberémos cimentar esta teoría sobre los datos que se poséen acerca de la mencionada resistencia y choque. Y como estos conocimientos no se hallan en nin-

guna obra elemental, juzgamos indispensable insertar aquí lo mas principal sobre tan interesante materia; por lo que, á fin de proporcionar el mayor cúmulo de luces que permite el estado actual de las Ciencias, dividiré este capítulo en tres secciones. En la primera reuniré ó recapitularé los diversos conocimientos y principios de Mecánica mas indispensables, y que no solo no se hallan en ninguna obra española, sinó que tampoco existen en ninguna obra elemental estrangera: pues que solo se encuentran dispersos é inconexos en diferentes obras sobre asuntos particulares; en la segunda daré á conocer las nociones teóricas mas necesarias acerca del choque y resistencia de los fluidos; y en la tercera hablaré esclusivamente de las *ruedas hidráulicas*.

Seccion primera.

Recapitulacion de los conocimientos y principios de Mecánica mas necesarios para el establecimiento de las máquinas.

110 Aunque los principios que vamos á desenvolver en esta seccion, son generales y tienen aplicacion en cuantas máquinas, aparatos y mecanismos se empléan en todo género de industria, para evitar el que se nos tache de que nos separamos de nuestro principal objeto, que es el agua y sus aplicaciones, deberémos recordar y repetir que, para recibir la accion del agua, cualquiera que sea el mecanismo que se adopte, ya de los espresados en el capítulo primero de este libro, ya de cualesquiera otros que se puedan inventar, han de consistir en ruedas hidráulicas ó en otros aparatos semejantes, que no pueden dejar de estar sometidos á las leyes de la Mecánica. Por lo cual, sin los competentes conocimientos de esta ciencia, la doctrina de las ruedas hidráulicas quedaría sumamente defectuosa. En efecto, aunque en lo espuesto en el capítulo primero, *Mr. Christiam* ha intercalado muchos conocimientos útiles en la práctica, son aun insuficientes para gran número de aplicaciones; y á pesar de la estension y generalidad que vamos á dar á este importante asunto, no dudamos, que, al tratar de plantificar algun establecimiento industrial, se deseará que aun hubiésemos descendido á mas detalles y pormenores.

Principiarémos esta seccion por aquellas *consideraciones generales, que se deben tener presentes al establecer las máquinas, y calcular las dimensiones de sus partes*, &c. *contrayéndonos particularmente á las que reconocen el agua por motor.*

111 Ningun ramo de las Matemáticas proporciona mas ventajas directas é inmediatas al hombre, que la MECÁNICA: pues dicho *Tratado* le suministra cuanto necesita para conseguir los diferentes objetos de la industria en todas las Artes, comprendiendo tambien la Agricultura y Economía rural, evitándole aquellos esfuerzos penosos y estraordinarios que, sin el auxilio de dichos conocimientos, tendría que ejercer, para elaborar ménos productos en cantidad, y sumamente inferiores en calidad. Por manera, que la Mecánica ofrece al hombre los medios de patentizar que, semejante á Dios, y en virtud de sus facultades intelectuales, que es la circunstancia esencial que le distingue de los demas séres del universo, pone en accion los diversos agentes de la naturaleza, para que cooperen á satisfacer todas las necesidades humanas, sin fatiga corporal.

En efecto, siempre que se ve á los hombres ocupados en un trabajo penoso, y en que se emplean mas sus fuerzas que su inteligencia, es uno conducido á buscar los medios de efectuar el mismo trabajo con el socorro de los agentes materiales que la naturaleza ha puesto á nuestra disposicion. Esta pesquisa entra en los intereses del especulador, quien sabe, que la fuerza del hombre es, en general, la mas cara de todas. Entra tambien en los del Legislador, que, abrazando los objetos desde un punto de vista mas elevado, reconoce que haciendo ejecutar por el agua los mismos trabajos para los cuales eran indispensables los hombres, se acrecientan los medios productivos de la sociedad, dejando disponibles, para fabricar objetos útiles ó agradables, las manos empleadas en objetos necesarios: con lo cual se aumenta, bajo cierto aspecto, la poblacion del Estado, sin acrecentar su consumo ni sus cargas.

112 De tan importantes verdades quedamos íntimamente convencidos al entrar en los diferentes establecimientos industriales, que forman hoy la gloria de nuestro siglo; y ademas, no se puede ménos de sentir una respetuosa admiracion al ver en movimiento masas enormes, y ejecutarse por sí mismas todas las operaciones de la industria, como son el hilar, el tejer, &c. &c. &c. sin que resulte mas fatiga corporal en el hombre, que echar carbon de cuando en cuando en un hogar, levantar una compuerta solo por una vez, y aproximar algunas materias primeras al parage donde obran los mecanismos, que sirven para darles todas las formas en que consiste su manufacturacion.

113 Por esta causa, no se puede poner en duda, que es de la mayor importancia el propagar los conocimientos de dicha ciencia

entre el mayor número de personas. Convencido yo de esta importantísima verdad, formé un *Compendio de Mecánica práctica* para uso de nuestros Artistas y Artesanos mucho tiempo ántes de que se pensase en Europa en popularizar estos conocimientos. En la actualidad, todos los Gobiernos, que conocen sus verdaderos intereses, procuran á porfía establecer cátedras de Mecánica aplicada á las Artes: de lo cual se ve una prueba evidente en el celo y acierto con que nuestro Augusto Soberano el Señor don Fernando VII.° y sus ilustrados Ministros procuran promover tan importantes conocimientos.

114 Tanto para cooperar á estos loables deséos, como para que los Españoles puedan aprovecharse, con utilidad de la inmensa riqueza que les ofrece el agua como potencia motriz, voy á insertar aquí lo que mas pueda conducir. En la mencionada obrita comprendí lo mas absolutamente necesario; y en prueba de las ventajas, que ha producido, bastará pasar la vista por el hecho que cito en el prólogo de la 4.ª edicion de mi *Aritmética de Niños*. Despues en el tomo 3.° parte 1.ª, ó sea quinto volúmen de mi *Tratado elemental de Matemáticas*, dí á conocer esta ciencia, como formando parte de la enseñanza que se requiere para los que han de seguir carreras facultativas. No satisfecho con esto, en la segunda edicion de mi *Compendio de Matemáticas*, inserté un tratadito con el título de *Mecánica industrial*, en que se indican las principales aplicaciones de tan vasta é interesante ciencia. Mas, como las necesidades humanas son tan variadas, ha sido forzoso que lo sean los medios que la Mecánica ofrece para satisfacerlas; por cuyo motivo, voy á ocuparme en esta seccion, no de lo que falta en nuestros libros en español para satisfacer á dichas necesidades, porque esto sería inmenso, sinó al ménos, de lo que mas indispensablemente se necesita para las máquinas que han de proporcionar ó cooperar á que se verifique el oportuno aprovechamiento de las aguas. Para proceder con el órden y claridad que corresponde, en materia por sí tan importante como difícil, subdividiré esta seccion en los diferentes artículos que siguen.

Consideraciones acerca del establecimiento de las máquinas.

115 La palabra *máquina* designa, en su acepcion mas general, *un medio cualquiera, por el cual un motor trasmite su accion á una resistencia*. Las que se empléan en las artes pueden repartirse en tres clases principales: 1.ª las máquinas, llamadas comunmente *herramientas*, por cuyo medio se ejecutan ciertas operaciones particulares, sin tomar en consideracion la magnitud de la fuerza empleada; 2.ª las máquinas, que reunen, á la condicion de ejecutar movimien-

tos dados, la de producir un efecto momentáneo, como los volantes para acuñar la moneda, las prensas, &c., y en cuyo establecimiento se trata solo, en general, de poner en equilibrio la presion momentánea que puede ejercer el motor, de que se dispone, con la resistencia que se quiere vencer; 3.ª en fin, las máquinas que, estando sometidas á la accion permanente de un motor, producen un trabajo contínuo, y cuyas diferentes partes toman siempre un movimiento uniforme, ó movimientos variables, pero periódicos, en los cuales la velocidad, creciendo y descreciendo alternativamente entre ciertos límites fijos, ofrece un valor medio constante. Esta última clase de máquinas son á las que se refiere lo que vamos á decir.

La teoría de las máquinas, considerada en toda su generalidad, saca sus principales elementos de la Geometría, de la Física, y de la Mecánica. Y como son tan variadas las operaciones ó fabricaciones que se ejecutan por medio de las máquinas, es necesario que se pueda tener una idéa exacta del trabajo que cada una exige, y aun el que se puede referir á una unidad comun la cantidad de trabajo efectuado por diversas máquinas empleadas en usos diferentes.

116 Por lo cual, debemos manifestar ante todas cosas, que es *necesario tener una unidad comun para espresar las cantidades de trabajo efectuadas por las máquinas*. Para demostrarlo, debemos observar que la comparacion de las diversas máquinas, para el negociante y el capitalista, se hace naturalmente, en virtud de la cantidad de trabajo que ellas ejecutan, y el precio de este trabajo. Para estimar los valores respectivos de dos molinos de trigo, por ejemplo, se examinará, qué cantidad de harina puede moler cada uno al año, al mes ó al dia; y para comparar un molino de trigo con un molino de aceite, ó establecimiento de aserrar madera ó mármol ó una ferrería &c. se estimará el valor del primero segun la cantidad de harina molida anualmente, y el precio de la molienda ó maquila; y el valor del segundo, si nos fijamos en un establecimiento de aserrar, en virtud de la cantidad de madera ó mármol que aserrará en el mismo tiempo, y el precio del aserrado. Se puede uno limitar á este modo de considerar las máquinas y los trabajos que ellas ejecutan, mientras se trata únicamente de comprar ó cambiar entre sí máquinas de todo punto hechas, y cuyo producto es conocido; pero hay muchos casos en que esto es insuficiente.

117 Supongamos, en efecto, una persona que posée un molino de trigo, y que desease, por medio de algunas mudanzas en su mecanismo, hacer de él un establecimiento para aserrar. No podría juz-

gar de la ventaja ó desventaja de esta operacion, sinó en tanto que supiese valuar, en virtud de la cantidad de harina producida por su molino, la cantidad de madera ó mármol, que estaría en el caso de aserrar. Pero esta valuacion es una cosa imposible, á ménos que no se haya encontrado una medida comun para estos dos trabajos, de naturalezas tan diferentes. Este ejemplo basta para manifestar la necesidad de establecer una especie de *moneda mecánica*, si se puede uno espresar así, con la cual se puedan estimar las cantidades de trabajo empleadas para efectuar toda especie de fabricacion: y un exámen atento sobre esta materia ha enseñado, que el género de trabajo que era mas conveniente adoptar por término de comparacion para referir á él todos los otros, es *la elevacion vertical de los cuerpos pesados*.

En efecto, la eleccion de una unidad de medida es hasta cierto punto arbitraria; solo es indispensable, que dicha unidad sea una cosa de la misma naturaleza que aquellas, de que debe formar el término de comparacion. Los Ingleses, por ejemplo, han tomado por unidad de las cantidades de trabajo, la accion de un caballo (*horse power*). Pero ellos son los primeros en reconocer (*Gregory. A Treatise of Mecanics* tom. 2. pág. 84) el inconveniente de un término de comparacion, cuya magnitud es tan variable, que las valuaciones dadas por sus Sábios mas célebres difieren entre sí mas que en la relacion de 1 á 2.

118 He aquí diversas valuaciones de la accion de un caballo, dadas por los Sábios Ingleses, citadas en la *New Cyclopedia* del Doctor *Rees*, art. *Water*, *Raising of*.

	Lib. de *avoir du pois* elevadas á 1 pie por minuto.	Quilógramas elevadas á un metro por segundo.	Quintales españ. elevados á un pie español de altura por segundo	Pies cúbicos españoles de agua elevados á un pie español de altura.
Mr. *Fenwik*....................	13200	30,4	237,2	5046,8
Mr. Oliathus *Gregory*........	18480	42,5	331,6	7055,3
Mr. Samuel *Moor*............	21170	48,6	379,2	8068,1
Resultado de los esperimentos de *Smeaton*.........	22000	50,6	394,8	8400,0
Estimacion de *Desaguliers*...	27500	63,3	493,9	10508,5
Estimacion ficticia del (*horse power*) adoptada por MM. *Boulton* y *Watt* para la valuacion de la potencia de sus máquinas de vapor......	32000 33000	73,6 75,9	574,3 592,2	12919,2 12600,0

A esto debemos añadir lo que espresa *Mr. Robertson Buchanan* en su obra intitulada *An essay on the teeth of wheels*, página 131 que es como sigue: «*Mr. Watt* ha encontrado por repetidos esperimentos que 33000 libras por minuto elevadas á 1 pie, era el verdadero valor de la potencia de un caballo; pero yo creo que sus máquinas fueron calculadas para efectuar un trabajo de 44000 libras elevadas á 1 pie por minuto."

Donde se ven ya tres estimaciones diferentes del valor del caballo vapor relativas á un solo constructor, que es *Mr. Watt*, á saber: las dos que están en la tabla anterior y esta que opina *Mr. Buchanan*, que parece ser la primera que *Watt* adoptó, y que redujo ó disminuyó despues que se asoció con *Boulton.* Se cuenta que el motivo que tuvo *Watt* para tomar por fuerza del caballo una cantidad de accion, mayor que la de los caballos efectivos, fué el que un fabricante de cerveza en Inglaterra ajustó una de estas máquinas, de la fuerza de un determinado número de caballos, con *Watt*, el mas célebre de los constructores de estas ingeniosas máquinas, cuya invencion forma la gloria de nuestro siglo, y de que tenemos un resúmen histórico en la primera parte de nuestra Mecánica industrial (II C). Y se añade, que deseando *Watt* cumplir lo contratado, exigió del espresado fabricante, que le dejase ver obrar uno de los caballos, para proporcionar la fuerza de la máquina al esfuerzo del número de caballos que había contratado. Entónces, parece que el fabricante hizo trabajar en presencia de *Watt* un caballo de los de mayor pujanza, y aun el que, como el tiempo que *Watt* lo necesitaba ver trabajar, era corto, que lo esforzó, para que dando una mayor cantidad de accion, produjese aun mayor efecto, y tuviese mas ventaja el fabricante en la máquina contratada. Este fué el motivo, al parecer, que dió orígen á que el *caballo de vapor ó el caballo ficticio*, á que refirió *Watt* la fuerza de sus primeras máquinas de vapor fuese tan enorme, que con dificultad se encuentran caballos efectivos en la naturaleza de tanta pujanza.

Los demas constructores de bombas de vapor han valuado de un modo diferente el esfuerzo de este caballo ficticio, ó de vapor; y en el dia existe una tal confusion, que en un pleito que hubo entre el constructor y el comprador de una bomba de vapor que había de servir en París en el parage *Gros-Caillou*, informó la Sociedad de fomento y Mr. Prony; y despues del mas escrupuloso exámen, resultó que este tipo de medida da fuerza, designado por *caballo*, ó *caballo-vapor*, no tenía fijacion legal, ni generalmente convenida,

ni las partes contratantes habían tomado la precaucion de determinarla; y aun es de admirar que el mismo constructor de la máquina en diferentes piezas del proceso da diferentes valores de fuerza á la unidad denominada *caballo*. Por esta razon *Mr. de Prony* observa muy bien, que el efecto de una bomba de vapor, así como el de cualquier otro motor, debe medirse espresando que el efecto mecánico, de que es capaz, equivale á la elevacion de un cierto peso á una altura fija, durante un determinado tiempo; y para que se vea hasta qué punto es vaga dicha unidad, dirémos que *Mr. Prony*, no encontrando para esta determinacion ninguna base, ningun tipo de medida, ya legalmente fijo, ya consagrado por el uso general, ya en fin convenido por las partes, y que aun en el mismo proceso se hablaba del tipo de la medida *caballo* con diferentes valores, tomó el partido de calcular el número de las *unidades dinámicas ó caballos*, midiendo, tanto el efecto total como el *efecto útil* de la citada máquina en seis hipótesis sobre el valor de la unidad dinámica ó *caballo* que están mas acreditadas en Francia y en Inglaterra; y halló que el efecto total de la mencionada máquina, valuada por lo que él llama *unidad dinámica francesa*, *que equivale á la elevacion de un peso de* 80000 *quilógramas á la altura de un metro en un segundo de tiempo*, se debía graduar en 36,522 caballos; valuada por la unidad dinámica inglesa llamada *routinière*, adoptada por *Mr. Edwards* (constructor de la máquina de la cuestion); en sus relaciones con la Sociedad de Fomento, que equivale á la elevacion de un peso de 75,990 quilógramas á un metro de altura en un segundo, se debía graduar en 38,450 *caballos*; valuada por la unidad dinámica de *Watt y Boulton*, que equivale á la elevacion de 73,687 quilógramas á un metro de altura en un segundo * se debía

* He aquí otra estimacion de la fuerza del *caballo vapor* segun *Watt*, diferente de las tres de que ya hemos hablado. Y como *Mr. Prony* es el Sabio que en Francia se ha ocupado con mas ahinco y mas desde los principios de este género de investigaciones, juzgamos que este modo de estimar la fuerza del *caballo vapor* de Watt, debe ser acaso el de mayor confianza; y reduciéndola á nuestras pesas y medidas, resulta que la fuerza del *caballo vapor* de Watt, segun la estimacion de *Mr. Prony* equivale á *elevar un peso de* 574,9 *libras españolas á la altura de un pie español en un segundo de tiempo sexagesimal*: ó es equivalente *á la que producirían* 5,749 *quintales españoles, bajando de un pie español de altura*; ó á la que ejercerían 12,23 *pies cúbicos españoles de agua*, que cayesen de un pie español de altura en dicho tiempo.

Si queremos ahora indagar á la fuerza de cuantos caballos españoles, de los que nos presenta la naturaleza, equivale este *caballo vapor* de Watt, observarémos que por el número 17 de la tabla (§ 151)

graduar en 39,651 caballos; valuada por la unidad dinámica empleada por *Mr. Edwards*, en los manuscritos presentados á *Mr. Prony*, que equivale á la elevacion de un peso de 64,476 quilógramas á un metro de altura en un segundo, se debía graduar en 45,315; valuada por la unidad dinámica de *Desaguliers*, que equivale á la elevacion de 63,325 quilógramas á un metro de altura en un segundo, se debía graduar en 46,139 caballos; y valuada en la unidad dinámica de *Smeaton*, que equivale á la elevacion de 52,769 quilógramas á un metro de altura, se debía graduar en 55,369 caballos.

De todo esto resulta, efectivamente, que una misma espresion, empleada por diversos Autores, presenta á cada uno de ellos una idéa diferente, y que no viene á ser inteligible al lector sinó despues que la han traducido, esplicando lo que ellos entienden por la accion de un caballo, es decir, qué esfuerzo supone cada uno que un caballo puede ejercer, cuando corre un cierto espacio en un tiempo dado.

119 Esto es efectivamente á lo que se reduce la ejecucion de un trabajo cualquiera. Hay siempre en la accion de una máquina, un esfuerzo ó presion ejercida contra un punto, mientras que dicho punto corre un cierto espacio. Esta consideracion nos conduce naturalmente á reconocer que el género de trabajo mas propio para servir á la valuacion de todos los otros, es *la elevacion vertical de los cuerpos pesados*; puesto que, independientemente de que es susceptible de una espresion numérica precisa, invariable y exenta de arbitrariedad, se puede siempre, cualquiera que sea la naturaleza del trabajo ejecutado por una máquina dada, no solo en el pensamiento y por una abstraccion del espíritu, sinó en la realidad, sustituir á este trabajo, la elevacion de un peso; porque se puede suprimir la resistencia, y fijar, en el punto de la direccion en que ella obraba, una cuerda que pase por una poléa fija, al estremo de la cual se haya suspendi-

---

de este mismo libro, el caballo regular español ejerce en un segundo una cantidad de accion equivalente á elevar 3,12 quintales de peso á un pie español de altura, ó es la misma que ejercerían 3,12 quintales españoles cayendo de un pie español de altura. De donde resulta que el mencionado *caballo vapor* de Watt equivale en un segundo á 1,842 caballos efectivos españoles; y como el *caballo vapor* puede trabajar ordinariamente las 24 horas del dia sin interrupcion, y el de la naturaleza solo 8 horas, tenemos que pudiendo trabajar tres veces mas tiempo el *caballo vapor* que el de la naturaleza, si multiplicamos por 3 el valor 1,842, resultará que el caballo ficticio ó de vapor de Watt, segun la opinion de Mr. Prony, equivale á 5,526 veces nuestro caballo español regular: lo cual nos quiere decir, que el mencionado caballo vapor de *Watt* puede hacer en un dia el mismo trabajo que cinco de nuestros caballos ó caballerías mayores, y mas de la mitad del trabajo de otro de estos caballos ó caballerías mayores.

do un peso igual al esfuerzo ó presion que la resistencia ejercía. No se alterarían por esto en nada las condiciones del movimiento de la máquina; el cual permanecería exactamente el mismo, sin mas variacion que la de haberse trasformado el trabajo de la máquina en la elevacion del peso mencionado. Y durante el tiempo que esta máquina hubiese empleado en ejecutar una cierta obra dada, un peso igual al esfuerzo de la resistencia, se hallará elevado verticalmente á una altura igual al espacio corrido durante este mismo tiempo, y en el sentido de la resistencia, por su punto de aplicacion. Luego *la elevacion de este peso representará el trabajo de la máquina; y una máquina se reputará hacer tanta mas obra, cuanto mas grande sea el peso que ella pueda elevar á una altura mayor.*

120 Determinada, de este modo, la naturaleza del trabajo, que debe servir de término de comparacion á todos los otros, ya se mire la eleccion como asunto de convenio, ya como resultado necesario de la naturaleza de las cosas, no falta mas, para someter al cálculo esta nueva especie de cantidad, que saberla valuar en números. Con este motivo, debemos observar, que examinando lo que es elevar un peso, se advierte que entran en esta operacion dos elementos, que son la *magnitud del peso*, *y la altura á la cual se le eleva.* Pero se reconoce fácilmente, que es lo mismo elevar un peso de una libra á dos pies, que un peso de dos libras á un pie; pues que es necesario en ambos casos elevar dos veces una libra á un pie; y en general, que es indiferente *levantar un peso á una altura*, ó *un peso cierto número de veces menor á una altura el mismo número de veces mayor.* De donde se sigue, que la magnitud del trabajo, que debe hacer para elevar un peso, es *igualmente proporcional al peso y á la altura á la cual se le eleva.* Este trabajo es pues proporcional al producto de estas dos cantidades; y como en diversos puntos de las Matemáticas (V. § 452 esc. II T. E.) se toma por medida de las cosas, aquella otra que es ya conocida y que crece y decrece uniforme ó proporcionalmente con ellas, del mismo modo se ha elegido aquí para representar el trabajo necesario para elevar un peso Q á la altura q, el producto Qq; y este producto espresará un número de unidades, de que cada una es el trabajo necesario para elevar la unidad de peso á la unidad de altura, es decir, en nuestro sistema de medidas, para elevar una libra ó un quintal &c. á un pie ó á una vara &c.

121 Y como en virtud de lo espuesto (119) una obra cualquiera, ejecutada por una máquina, equivale siempre á la elevacion de un

peso igual al esfuerzo de la resistencia, á una altura igual al espacio corrido en el mismo sentido que esta resistencia por su punto de aplicacion; resulta que si se representa en una máquina cualquiera, la presion que se ejerce en el punto de aplicacion de la resistencia por Q, y el espacio corrido por este punto en el sentido de esta presion y en un tiempo dado, por q, la cantidad de trabajo, ó el *efecto* de la máquina, durante este tiempo, deberá ser espresado numéricamente por el producto Qq, el cual representará un número de libras elevadas á un pie, ó un número de quintales elevados á una vara, ó &c. á &c.

122 Ahora bien, se llama en general *cantidad de accion* ejercida por una fuerza sobre un cuerpo, *al producto de la presion que sufre el cuerpo, multiplicada por el espacio que este cuerpo ha corrido en la direccion de dicha presion*; luego tendrémos que el producto Qq representa precisamente lá cantidad de accion consumida en el punto de aplicacion de la resistencia.

Esta cantidad de accion es pues, verdaderamente la medida del trabajo ó del efecto de la máquina; y se ve tambien, que la naturaleza de esta especie particular de cantidad es el presentar, en general, al entendimiento la idéa de un cierto trabajo hecho, y especialmente la idéa de *un cierto número de unidades de peso elevadas á la unidad de altura en la unidad de tiempo, ó en un tiempo dado*. Luego la valuacion de toda fuerza motriz depende de tres condiciones indispensables, *cantidad de peso, grado de elevacion y tiempo empleado*; ó solo las dos primeras, tomando por unidad la cantidad de tiempo.

123 En lo sucesivo, cuando un número esprese una cantidad de accion, es decir, un número de libras elevadas á un pie, se indicará por el signo lib. × pie, ó simplemente por $l \times p$. Así 1000 libr. × pie, ó 1000 $l \times p$, significará *mil libras elevadas á 1 pie*; ó si se quiere, con mas generalidad, *un número de libras elevadas á un número de pies, tales que el producto de estos dos números sea* 1000.

Del mismo modo, 20 quint. × vara ó 20 $q \times v$ espresará *veinte quintales elevados á una vara* ó un *quintal elevado á* 20 *varas*, ó en general, *un número de quintales elevados á un número de varas*, tales que el producto de dichos dos núms. *fuese igual con veinte*. Cumplirían con esta circunstancia todas las combinaciones siguientes: 10 quintales *elevados á* 2 *varas*; ó 2 *quintales elevados á* 10 *varas*; 5 *quintales elevados á* 4 *varas*, ó 4 *quintales elevados á* 5 *varas*, en números enteros; y 8 *quintales á* $2\frac{1}{2}$ *varas*, ó $2\frac{1}{2}$ *quin-*

tales á 8 varas, y otras muchas combinaciones en números quebrados.

124 Análogamente *la accion ejercida por los motores sobre las máquinas, para ponerlas en movimiento y hacerlas trabajar, se debe estimar en Mecánica, del mismo modo y en la misma especie de unidad que el trabajo efectuado por las máquinas.*

En efecto, el motor obra sobre la máquina del mismo modo que esta obra sobre la resistencia; hay siempre en el punto de aplicacion del motor, así como en el de la resistencia, presion ejercida y espacio corrido. Si se ata en el punto de aplicacion del motor, y en el sentido de su accion, una cuerda que pase por una poléa fija, ó de retorno, y á la cual se suspenda un peso igual á la presion que el motor ejercía, el descenso de este peso reemplazará, bajo todos aspectos la accion del motor, y esta accion deberá ser reputada tanto mayor, cuanto sea necesario emplear, para reemplazarla por este medio, un peso mayor, y hacerle descender de mayor altura. Pero un peso, que baja de una cierta altura, es capaz de hacer subir un peso igual á la misma altura, de que ha bajado *; luego *la accion de un motor sobre una máquina, durante un tiempo dado, es siempre el equivalente de la elevacion de un peso, igual al esfuerzo que se ejerce en el punto de aplicacion del motor, á una altura igual al espacio corrido, durante este tiempo, en el sentido del motor por este punto de aplicacion.* Por consiguiente, si en una máquina cualquiera se llama P la presion que se ejerce en el punto donde obra el motor, y p el espacio corrido por este punto, en el sentido de esta presion, durante un tiempo dado, la accion suministrada por el motor, durante este mismo tiempo, deberá estar numéricamente espresada por el producto Pp, que representará un número de libras, quintales, &c. elevadas á un pie, á una vara &c.

Por manera, que espresando por P y Q los esfuerzos constantes ejercidos respectivamente en los puntos de aplicacion del motor y de la resistencia, y por p y q los espacios que respectivamente corre, en un tiempo dado, cada uno de estos puntos, en el sentido de los esfuerzos P y Q, las cantidades de trabajo efectuadas respectivamente

* Si queremos comprobar esta verdad de un modo sumamente sencillo y convincente, no tenemos mas que poner en un platillo de una balanza, que se halle en el fiel, una pesa cualquiera estando el otro platillo vacío: y observarémos que el platillo, donde se coloca la pesa, desciende todo lo que puede, subiendo el otro la misma cantidad que baja el que contiene la pesa. Hallándose la balanza en esta disposicion, colóquese en el platillo vacío otra pesa igual á la que se puso en el primero, y se notará que este baja y el primero sube hasta que la balanza vuelve á colocarse en el fiel.

por el motor y por la resistencia en el mismo tiempo estarán espresadas por los productos Pp y Qq. Estos productos representan pues la valuacion numérica de un trabajo hecho; y en unidades de esta especie es en las que se deben espresar las cantidades de trabajo que necesitan ó exigen las fabricaciones ú operaciones mecánicas, á las cuales dan lugar los usos y necesidades de la sociedad.

125 La accion ó esfuerzo de los *motores no es otra cosa que la cantidad de accion ejercida en su punto de aplicacion.* Efectivamente, el producto Pp representa la *cantidad de accion*, que se consume en el punto de aplicacion del motor; y este es el motivo de haber adoptado aquí la espresada denominacion para esta especie particular de cantidades, en que se valuan los trabajos hechos por las máquinas, y la accion ejercida por los motores. *Smeaton* le había dado el nombre de *potencia mecánica. Mr. Carnot* el de *momento de actividad*, y *Monge* el de *efecto dinámico. Mr. Christiam* la designa *efecto producido*, *cantidad de trabajo hecha.* Y la denominacion, que se considera en el dia como mas adecuada y preferible á las demas, es la de *cantidad de accion*, que estaba adoptada ya por *Coulomb*; y la razon es, que se aleja ménos del lenguage ordinario, y es mas significativa.

126 *El precio de un trabajo cualquiera es siempre proporcional á la cantidad de accion que él ha consumido.*

En efecto, cuando se paga una obra ó trabajo cualquiera, es verdaderamente el tiempo del obrero el que se paga; no hay mas diferencia sinó que este tiempo se estima mas ó ménos caro, segun que el trabajo, de que se trata, exige por parte del obrero mas ó ménos vigor, esfuerzo, inteligencia ó conocimientos adquiridos. Pero, si suponemos que un obrero empléa sus fuerzas de un modo invariable y arreglado, que es lo que efectivamente debe hacer, ejercerá constantemente un mismo esfuerzo obrando con una velocidad determinada; y por consiguiente, producirá cantidades de accion, que serán iguales en tiempos iguales. Luego, el precio de un trabajo siendo proporcional al tiempo que exige, lo es tambien á la cantidad de accion que le representa. Esta comparacion se hará mas sensible por un ejemplo. Supongamos que un hombre sube agua de dos pozos, de los que el uno es dos veces mas profundo que el otro. Si este hombre empléa sus fuerzas de un modo uniforme, no hay duda en que gastará dos veces mas tiempo en subir la misma cantidad de agua del primer pozo que del segundo. Luego, si se le pagase á destajo, se-

ría necesario pagar la misma cantidad de agua dos veces mas cara, cuando ella está sacada del primer pozo que cuando lo es del segundo; y tampoco hay duda en que su elevacion exige tambien, en el primer caso, una cantidad de accion dos veces mayor que en el segundo.

127 Pasemos ahora á demostrar una proposicion, que es de la mayor importancia y que por desgracia no es tan conocida como debía serlo. En efecto, en todos los libros de Mecánica se habla de las máquinas solo en estado de equilibrio, que es como se consideran en la Estática; pero nada dicen, por lo regular, acerca de las máquinas en movimiento. Por esta causa, nos dirigimos ahora á demostrar que *la relacion entre la potencia y la resistencia*, *que existe por el intermedio de una máquina*, *es la misma tanto en el caso de equilibrio*, *como en el de movimiento uniforme*. Esta proposicion, á primera vista, podrá suceder que parezca repugnante á la razon; pero no por eso carece de todo el grado de exactitud, que las demas verdades propias de las Ciencias aplicadas.

Para dar á conocer lo que se verifica en una máquina en actividad ó en movimiento, supongamos que esta máquina parte del reposo, y se halle sometida á la accion del motor y de la resistencia, que son dos fuerzas, una de las cuales coopera á producir el movimiento, y la otra á impedirle. Un hecho general, y que debe considerarse como resultado de la observacion y de la esperiencia, sin ninguna escepcion, es que *partiendo del reposo*, *el esfuerzo del motor es siempre mayor*, *y el esfuerzo de la resistencia menor de lo que son cuando la máquina trabaja con uniformidad.* En efecto, si observamos con atencion lo que sucede, al poner en movimiento un coche, un carro &c., verémos que los caballos hacen esfuerzos estraordinarios para arrancar; y despues caminan con desahogo. Lo cual es una prueba irrefragable de que al principiar á caminar ejercen mayor impulso, que cuando ya están en movimiento: y lo mismo se observará en cualquiera otra máquina, ó mecanismo.

De aquí resulta, que la fuerza que coopera á producir el movimiento, escediendo en un principio á la que coopera á impedirle, la máquina principia á moverse, y su velocidad aumenta poco á poco, del mismo modo que la de un cuerpo que cede á la accion de una fuerza aceleratriz. Pero, disminuyendo el esfuerzo del motor, y aumentando el de la resistencia, á medida que la velocidad se acre-

cienta, viene bien pronto un término en que *estos dos esfuerzos tienen valores, tales que se hacen mútuamente equilibrio por medio de la máquina, y que si desde el orígen ó principio se les hubiera dado estos valores, no se hubiera producido ningun movimiento.* Sea entónces P el esfuerzo del motor, Q el de la resistencia, y p, q los espacios, sumamente pequeños, que sus puntos de aplicacion describen, al mismo tiempo, en el sentido de estos esfuerzos: en virtud del *principio de las velocidades virtuales*, la (ec. 319 del § 274 *Mec.*) se nos convertirá en este caso en $Pp+Qq=0$. Ahora, como P y Q son cantidades positivas, pues que representan pesos, resulta que esta ecuacion no puede verificarse á ménos que p y q no sean de signos centrarios; si consideramos la p positiva, y la q negativa, tendrémos $Pp-Qq=0$; si consideramos la p negativa, y positiva la q, tendrémos $-Pp+Qq=0$; ambas dan $Pp=Qq$, es decir, que las cantidades de accion desenvueltas en sus puntos de aplicacion por el motor y la resistencia serán perfectamente iguales. Pero entónces, con arreglo al *principio de la conservacion de las fuerzas vivas* *, *el movimiento de la máquina dejará de*

---

* El principio de la conservacion de las fuerzas vivas es, entre todos los principios generales de Mecánica, el que mas influjo tiene en los adelantamientos de la teoría y construccion de las máquinas; mas por desgracia no se halla tan conocido como exije su importancia. Y deseando presentar cuanto es ventajoso á nuestro objeto, vamos á insertarle aquí, reservando para la seccion tercera el hacer percibir su uso de un modo general y fácil, al calcular el efecto útil de las ruedas hidráulicas. A fin de que se perciba con mas claridad, fijarémos primero el sentido de las palabras, insertando el resúmen histórico acerca de este principio; manifestarémos despues la causa ó motivo que hay para tener aplicacion precisa é indispensablemente en toda máquina; y luego, lo deducirémos de la doctrina espuesta en nuestra Mecánica: terminando con la demostracion del teorema de *Mr. Carnot*, que le sirve de complemento.

En la nota del (§ 310 Mec.) hemos manifestado que se llama *fuerza viva* de un cuerpo *al producto de su masa por el cuadrado de su velocidad.* En el (§ 406 Mec.) hemos demostrado que, *en el choque de los cuerpos elásticos, la suma de las fuerzas vivas es la misma ántes y despues del choque.* Y el principio de la conservacion de las fuerzas vivas consiste en manifestar que *en todo sistema de cuerpos en movimiento, cualesquiera que sean las fuerzas que obran sobre ellos, con tal que no haya choques, la suma de las fuerzas vivas en todos los cuerpos, ó la fuerza viva de todo el sistema, depende únicamente de las fuerzas que obran sobre los cuerpos, y de ningun modo de su trabazon, enlace ó dependencia mútua: de modo, que la fuerza viva del sistema es á cada instante la misma que los cuerpos habrian adquirido, si estando animados por las mismas potencias, se hubiese movido libremente cada uno sobre la línea que ha descrito.* Lo cual permite cifrar en una ecuacion la relacion entre la potencia y resistencia de cada máquina; y despejando despues, por las reglas

acelerarse; porque cuando un sistema de cuerpos cede á la accion de dos ó muchas fuerzas, la fuerza viva que él adquiere, pasando de una posicion á otra, es siempre el doble de la cantidad de accion que se ha comunicado en este intervalo; pero aquí, pues que la máquina está ahora sometida á la accion de dos fuerzas

---

generales del Álgebra, se halla el valor de la potencia ó la cantidad de accion que la máquina recibe de dicha potencia, y que se podrá trasmitir á cualquiera otro trabajo, produciendo lo que se llama *efecto útil* de la máquina.

La demostracion del espresado principio depende de lo mas sublime del Cálculo, y necesita del auxilio de otros dos principios generales de Mecánica, que son el principio de las *velocidades virtuales* que nosotros tenemos demostrado (§ 268 y siguientes Mec.), y el de d' *Alembert* que hemos dado á conocer (§ 454 Mec.). Pero lo mas admirable, útil y ventajoso del principio de la conservacion de las fuerzas vivas, es, que su aplicacion á los diversos casos que ocurren en la práctica, se puede hacer, independientemente de los Cálculos sublimes, y bastan las simples reglas del Álgebra elemantal. En mi concepto, el no estar suficientemente conocido dicho principio, proviene de haber mezclado su demostracion con su aplicacion; pues no pudiéndose exigir de los constructores de máquinas el que posean la parte mas sublime del Cálculo Infinitesimal y de la Mecánica, el colocar este principio, solo en los libros teóricos, es lo mismo que privar de dichos conocimientos justamente á las personas que mas lo necesitan. Por esta causa, nosotros pondrémos en esta nota cuanto sea conducente para ilustrar esta materia, bajo el aspecto teórico, dando al espresado principio cuantas enunciaciones puedan conducir á facilitar las aplicaciones: y en el testo lo aplicarémos, en la seccion tercera de este mismo capítulo, á las *ruedas hidráulicas*; pero bajo un aspecto sencillo, claro, fácil, y que esté al alcance de los constructores de medianos conocimientos.

El principio de la conservacion de las fuerzas vivas se debe á *Huigens*; pero le dió mas latitud de la que efectivamente tiene; pues supuso que se verificaba en un sistema de cuerpos libres, cualesquiera que fuesen sus acciones mútuas, y aun existiendo choques entre cuerpos duros. *Daniel Bernoulli* manifestó despues en su *Hidrodinámica*, que dicho principio se debía emplear con circunspeccion; y que en el caso de un choque entre cuerpos no elásticos, habría una cierta cantidad de fuerza viva, empleada en hacer abolladuras ó impresiones en los cuerpos, la cual sería enteramente perdida para el movimiento del sistema; pero la regla que estableció para determinar dicha pérdida no era exacta. Bordá hizo ver este error en su *Memoria sobre el movimiento de los Fluidos*, inserta entre las de la *Acad. de Ciencias*, año de 1766; *Coulomb*, en sus *Observaciones sobre el efecto de los molinos de viento*, *Acad. de C. año de* 1781 tuvo en consideracion la fuerza consumida por los choques: y por último *Mr. Carnot* en su *Ensayo sobre las máquinas en general*, esparció mucha luz sobre esta importante materia y facilitó su aplicacion. Despues de esta época, Lagrange y Poison, en sus Mecánicas, se han ocupado de este importante principio, con la maestría y generalidad que les es característica; pero considerándole bajo el aspecto teórico sin descender á los detalles que exige la práctica. A pesar de todo esto, parece que no se han tenido presentes por la mayor parte de los Autores, sobre todo en Inglaterra, donde, á pesar de los trabajos estimables de muchos Sabios, la

que le imprimen en sentidos contrarios cantidades de accion perfectamente iguales y que se destruyen recíprocamente, la cantidad de accion que les es comunicada, es nula, y por consiguiente, esta máquina *no puede ya adquirir ninguna fuerza viva*, es decir *ninguna velocidad mas allá de la que posée*. Luego *ella continuará*

---

teoría de las máquinas no parece tan adelantada como se debería presumir, en virtud del grande uso que se hace de ellas en dicho pais, y de la perfeccion á que ha llegado allí su ejecucion. En Francia se ha principiado ya á divulgar este conocimiento en los libros que se destinan para los constructores. *Mr. Petit*, Profesor en la Escuela Politécnica, ha publicado sobre *el empléo del principio de las fuerzas vivas en el cálculo del efecto de las máquinas*, una Memoria sumamente interesante, de la que darémos alguna idéa.

"Los Geómetras, dice este Sabio, han reconocido, largo tiempo ha, que entre las propiedades generales del movimiento, la que se designa bajo el nombre de *principio de las fuerzas vivas* era mas especialmente apropiada que ninguna otra al cálculo de las máquinas. Esto resulta, como se sabe, de que las fuerzas vivas suministrando en cada caso, la valuacion mas natural del motor y del efecto producido, la ecuacion, que determina la relacion, que une estas dos cantidades, da la solucion directa é inmediata del solo problema que se tiene necesidad de considerar en la práctica.

»Las aplicaciones de un principio, tan general, son por sí mismas de un interes tan grande, que debemos sorprendernos al ver los pocos esfuerzos que se han hecho hasta este dia para multiplicarlas y estenderlas. La teoría de las máquinas, considerada bajo este punto de vista, se halla casi enteramente por crear. Sin embargo, aunque el defecto de datos físicos ó teóricos presenta frecuentemente obstáculos difíciles de sobrepujar, se debe convenir que existe un número bastante grande de cuestiones simples y suficientemente determinadas, cuya solucion completa se puede obtener. Del exámen de algunos de estos casos particulares es de lo que me ocuparé en esta memoria. Pero á fin de hacer la esposicion mas clara, yo la haré preceder de algunas consideraciones relativas al género de movimiento que se debe considerar en las máquinas, y al modo de medir las fuerzas que les son aplicadas, así como los efectos que ellas producen.

»Observando con atencion las circunstancias que acompañan la produccion del movimiento en las máquinas, se reconoce bien pronto, que la velocidad, al principio sumamente pequeña, aumenta gradualmente durante un tiempo ordinariamente muy corto, despues del cual el movimiento se puede considerar sensiblemente como uniforme. Para concebir la razon de este hecho, es necesario notar que el motor, ejerciendo, en el orígen del movimiento, un esfuerzo necesariamente mayor que el de la resistencia, debe hacer nacer un pequeño movimiento que se acelera despues poco á poco; pero entónces esta aceleracion produciendo casi siempre ó una disminucion en el efecto del motor, ó un aumento en el de la resistencia, y algunas veces los dos efectos á un mismo tiempo, sucede que la relacion de las dos fuerzas se aproxima mas y mas á la que conviene para su equilibrio; de modo que la máquina, no moviéndose mas que en virtud de la velocidad adquirida, conserva, á causa de la inercia, un movimiento uniforme.

»La esperiencia diaria confirma esta esplicacion. Así, cuando se levanta la compuerta de un canalizo, destinado á conducir el agua con-

moviéndose con movimiento uniforme, miéntras que el esfuerzo del motor se equilibre con el de la resistencia.

128 De estas consideraciones, resultan tres circunstancias sumamente esenciales para que se verifique el movimiento de una máquina, sobre las cuales importa fijar nuestra consideracion: la primera

---

tra una rueda de paletas, por ejemplo, cualquiera que sea la velocidad que tenga el fluido, la aceleracion del movimiento de la rueda es muy sensible en los primeros instantes; pero, á medida que la velocidad aumenta, el impulso del agua disminuye, porque la rueda se substrae en parte de su accion: viene, pues, un momento en que este impulso es simplemente capaz de hacer equilibrio á la resistencia, y es en este instante cuando el movimiento viene á ser uniforme. Semejantes efectos se producen en las máquinas movidas por agentes animados; resulta entónces que el motor, obligado á tomar una cierta velocidad, consume por esta causa una parte tanto mayor del esfuerzo *máximo*, de que es capaz, cuanto esta velocidad es mas considerable.

»Segun que una máquina se halla en equilibrio ó en movimiento, las fuerzas que le son aplicadas, producen dos suertes de efectos, que se deben distinguir uno de otro. En el estado de equilibrio, solo hay que atender á la intensidad de estas fuerzas; pero, en el de movimiento, viene á ser necesario tener en consideracion un elemento mas, que es el espacio que tienen que correr los puntos de aplicacion. Así, cuando la resistencia es un peso, el efecto producido, cuando la máquina está en equilibrio, se mide por el peso que sostiene; pero cuando está en movimiento, este efecto dependiendo, á la vez, del peso que eleva y de la altura á que lo sube, debe naturalmente representarse por el producto de estos dos factores.

»La espresion de un efecto de esta naturaleza, se puede siempre referir á una fuerza viva. Así, representando M la masa del peso elevado á la altura H, el efecto producido estará representado por gMH, siendo g la intensidad de la pesantez; pero llamando V la velocidad adquirida por un cuerpo grave, que cae de la altura H, se tiene $V^2=2gH$, y $gMH=\frac{1}{2}MV^2$.

»Considerando del mismo modo todos los géneros de resistencia, se halla siempre que la espresion natural del efecto producido depende de un cierto número de factores, de tal modo combinados que esta espresion se puede trasformar en una fuerza viva, es decir, en un producto de una masa por el cuadrado de la velocidad.

»Lo que decimos de la resistencia se aplica al motor. Su espresion puede siempre reducirse á una fuerza viva. Así, una caida de agua, cuya cantidad y altura son dadas, un resorte comprimido y que se estiende en un espacio determinado; un dia de trabajo de un animal, &c. encierran una cantidad determinada de fuerza viva que se puede trasmitir, con el auxilio de una máquina, á una resistencia cualquiera.

»Considerando así los motores, y las resistencias, se ve que el cálculo de toda especie de máquina se reduce en su última análisis á determinar la relacion entre la fuerza viva empleada y la fuerza consumida. Esta relacion, una vez conocida (y el principio de las fuerzas vivas la suministra en todos los casos) se deducen fácilmente de ella las condiciones, que se deben satisfacer, para que cada máquina produzca el mayor de todos los efectos posibles.

»Las solas máquinas, que yo consideraré, son las que se mueven por

es, que, despues de un cierto tiempo (que es siempre muy corto, y frecuentemente apenas apreciable), el movimiento de una máquina viene á ser siempre uniforme; la segunda, que, en esta época, las presiones ejercidas respectivamente por el motor y por la resistencia

---

los fluidos, y en virtud de lo establecido precedentemente, las supondré que han llegado al movimiento uniforme. Con esta restriccion, el principio de las fuerzas vivas, puede enunciarse del modo siguiente:

La fuerza viva, comunicada á la resistencia, es igual á la que poseía el motor, disminuida, tanto de las fuerzas vivas perdidas en las mudanzas repentinas de velocidad, como de la que el motor conserva, despues de haber ejercido su accion.

Mr. Navier, en sus interesantísimas notas y adiciones á la *Arquitectura Hidráulica de Belidor*, es el Autor que mas completamente ha tratado esta importante materia; pues en la nota (*ai*) desenvuelve este principio bajo el aspecto teórico; y en las demas notas en que trata de las ruedas hidráulicas, y en el resúmen de sus Lecciones de Mecánica aplicada, dadas en la Escuela de Puentes y Calzadas, hace aplicacion de este principio á las necesidades de la práctica. *Mr. Poncelet* en su Memoría sobre la rueda de *paletas curvas*, tambien trata esta materia bajo el aspecto práctico.

Nosotros, teniendo en consideracion por una parte que la teoría de las máquinas está esencialmente fundada sobre el principio de la conservacion de las fuerzas vivas, cuyo complemento es el teorema de *Mr. Carnot*; y que por otra, nada de esto se halla demostrado en ningun libro español, nos parece oportuno insertarlo aquí, deduciéndolo por un método fácil, claro y sencillo, de lo que tenemos demostrado en nuestra Mecánica. Y aunque por lo acabado de esponer de *Mr. Petit*, se reconoce que el principio de la conservacion de las fuerzas vivas se verifica en toda máquina, lo vamos á demostrar mas formal y directamente en el siguiente teorema. *El principio de la conservacion de las fuerzas vivas se verifica y tiene aplicacion en toda máquina en movimiento.*

Dem. Una máquina, de cualquier naturaleza que sea, es un aparato, por cuyo medio un motor ó potencia cualquiera se trasmite á una resistencia tambien cualquiera. Pero, en virtud de lo expuesto (§ 124), la accion de un motor, cualquiera que sea su naturaleza, esto es, sea animado ó inanimado, está representada por el producto Pp; en el cual P representa un peso y p la altura ó espacio que corre este peso en la unidad de tiempo.

Mas como en virtud de la (ec. 206 § 164 Mec.) el peso p equivale á Mg, siendo M una masa y g la velocidad; y en virtud de lo demostrado (§ 50 y 51 Mec. práct.) si llamamos V la velocidad debida ó correspondiente á la altura p, tendrémos $p = \frac{V^2}{2g}$; resulta que si sustituimos estos valores en el producto Pp, será $Pp = Mg\frac{V^2}{2g} = \frac{1}{2}M.V^2$, y siendo $\frac{1}{2}M$ una masa cualquiera y V^2 el cuadrado de la velocidad con que dicha masa obra; resulta que el producto Pp, que representa la accion del motor es una fuerza viva.

En virtud de lo demostrado (121) el trabajo de una máquina, de cualquier naturaleza que sea, tanto la máquina como dicho trabajo, se puede representar por el producto Qq, espresando Q un peso y q una

en sus puntos de aplicacion, tienen valores tales, que se hacen mútuamente equilibrio conforme á las leyes de la Estática; y la tercera, en fin, que entónces las cantidades de accion ejercidas por el motor, y consumidas por la resistencia, son respectivamente iguales.

---

altura ó espacio que dicho peso corre en la unidad de tiempo; luego si espresamos por M' la masa que corresponde á dicho peso, y por V' la velocidad debida á la altura q, en virtud de lo que acabamos de demostrar, tendrémos $Qq = M'g.\frac{V'^2}{2g} = \frac{1}{2} M'. V'^2$; por donde vemos que la resistencia en toda máquina se halla tambien espresada por una fuerza viva. Luego, en general, podemos establecer que *una máquina es un aparato por el cual una fuerza viva se trasmite ú opera sobre otra fuerza viva*; luego *toda ley general que convenga á una reunion ó sistema de fuerzas vivas, se verificará en toda máquina*; pero el principio de la conservacion de las fuerzas vivas es una ley ó propiedad general que conviene á toda reunion ó sistema de fuerzas de esta naturaleza; luego se verificará en una máquina cualquiera.

Para deducir esta propiedad general ó el espresado principio, de un modo, que, á pesar de su sublimidad, se haga inteligible, observarémos que si al segundo miembro de la (ec. 44 § 375 Mec.) añadimos la constante c, que corresponde á toda espresion integral, se nos convertirá en $v^2 = 2\int.(Xdx + Zdz + Udu) + c$ (a).

Para determinar la constante c, debemos observar que, en el instante en que las fuerzas principian á obrar, la cantidad que está debajo del signo de integracion es nula; de manera que si espresamos por w la velocidad que el cuerpo tenía en este instante, la cual puede ser nula, se tiene $w^2 = c$; por lo que la ecuacion anterior se nos convertirá en

$$v^2 = 2\int.(Xdx + Zdz + Udu) + w^2,$$

$$\text{ó } v^2 - w^2 = 2\int.(Xdx + Zdz + Udu) \quad (b).$$

Ahora, si espresamos por M la masa de un cuerpo ó el número de partes materiales de que se compone dicho cuerpo, y multiplicamos por M la (ec. b), se nos convertirá en

$$Mv^2 - Mw^2 = 2M.\int.(Xdx + Zdz + Udu) \quad (c);$$

y como las cantidades constantes se pueden introducir y sacar fuera de los signos de diferenciacion é integracion, tendrémos que, introduciendo la M dentro del signo integral, y multiplicándola por cada uno de los términos que hay dentro del paréntesis, la ecuacion anterior se nos convertirá en $Mv^2 - Mw^2 = 2\int.(MXdx + MZdz + MUdu)$ (d).

Ahora, el primer miembro de esta ecuacion, en virtud de lo espuesto (nota del § 310 Mec.) representa *la diferencia de la fuerza viva de este cuerpo en un instante cualquiera, y la fuerza viva que tenía en el principio del movimiento ó de comenzar las fuerzas variatrices*; ó lo que es lo

129 *La accion del motor se reparte siempre entre las resistencias que provienen del trabajo hecho*, que es lo que se llama, *efecto útil*, *y las resistencias inherentes á la máquina.*

Para demostrarlo, debemos examinar de un modo mas particu-

---

mismo: *dicho primer miembro representa el aumento de fuerza viva que ha recibido el cuerpo desde el instante en que las fuerzas han principiado á obrar sobre dicho cuerpo hasta el instante que se considera.*

Por otra parte, las cantidades MX, MZ, MU, espresan, en virtud de lo espuesto (122), las presiones, ó las cantidades de movimiento, ó cantidades de accion que, las fuerzas que obran, ejercen sobre el cuerpo en el sentido de cada eje. De donde resulta que las cantidades $MXdx$, $MZdz$, $MUdu$, son los productos de las presiones ó acciones, que ejercen las fuerzas, por el elemento del espacio que el cuerpo corre segun sus direcciones respectivas. Luego el segundo miembro de la ecuacion anterior espresa el *duplo de la suma de los productos semejantes, tomada desde el instante en que las fuerzas han principiado á obrar.*

Pero el producto de una presion sufrida por un cuerpo multiplicada por el espacio que este cuerpo ha corrido en la direccion de esta presion, es lo que se llama *la cantidad de accion* ejercida por la fuerza, y comunicada al cuerpo. Luego, la ecuacion anterior, que encierra la principal ley del movimiento de un cuerpo, sometido á la accion de muchas fuerzas, traducida en regla ó principio, nos dice: 1.° *que la fuerza viva adquirida durante un cierto tiempo, por un cuerpo que se mueve por la accion de muchas fuerzas, cualquiera que sea su naturaleza, es siempre numéricamente igual al duplo de la suma de las cantidades de accion que estas fuerzas le han comunicado durante el mismo tiempo, tomando negativamente las cantidades de accion, cuando los espacios corridos son en sentido contrario de las fuerzas.* Ademas, teniendo en consideracion que, en virtud de lo espuesto (§ 367 Mec), X, Z, U representan las sumas de las componentes respectivamente paralelas á los ejes de las x, z y u, las cuales son independientes de la curva ó espacio que corre el cuerpo, á causa de que convienen á todas las líneas que describa el cuerpo; resulta que la ecuacion anterior nos manifiesta igualmente que *la fuerza viva, adquirida por el cuerpo desde el principio de su movimiento hasta un instante dado, y por consiguiente el valor de su velocidad depende únicamente de la magnitud de las fuerzas, que han obrado sobre él, y del espacio que ha corrido segun la direccion de cada una de estas fuerzas, y no de la figura de la curva que el cuerpo ha descrito, ni del modo con que ha variado su velocidad, ni de la duracion de su movimiento.* Pero debemos tener presente que esto supone que la cantidad $MXdx + MZdz + MUdu$ sea una diferencial exacta, como sucede cuando X, Z, U, que representan las sumas de las componentes de todas las fuerzas segun tres ejes dados ó elegidos á arbitrio, son constantes ó dependen solo de las distancias del cuerpo á puntos fijos, como hemos manifestado (§ 376 Mec.); y no cuando las fuerzas aplicadas al cuerpo varían con el tiempo ó con su velocidad.

Lo que acabamos de manifestar es relativo al movimiento de un cuerpo, suponiendo su masa reconcentrada en un solo punto, donde obrasen sobre él las fuerzas que se le suponen aplicadas. Pasemos ahora á demostrar este principio, estendiéndole al caso *no solo de ser cualesquiera las fuerzas en número, direccion, é intensidad, sinó de ser tambien un número cualquiera el de los cuerpos sometidos á ellas.*

Supongamos que se tenga un número cualquiera de cuerpos, que,

lar la idéa que se debe fijar á la palabra *resistencia*, de que usamos. Desde luego se nos presenta naturalmente que es el obstáculo al movimiento de la máquina, procedente del trabajo que ella debe efectuar. Pero es bien importante observar, que no existe ni se puede

---

haciendo abstracion de su estension, podrémos considerar reconcentrada su masa en el centro de gravedad, y atender solo á un sistema de puntos materiales, lo que ofrece mayor sencillez. Nos proponemos ahora investigar las circunstancias del movimiento de un conjunto, reunion ó sistema de puntos ó cuerpos de esta naturaleza, ya estén unidos entre sí de un modo invariable, en términos que formen un conjunto ó sistema todo sólido, ya se hallen sujetos solamente por hilos, y compongan un sistema susceptible de mudar de figura. Si estos cuerpos ó puntos se hallasen libres, cada uno tomaría, sin alteracion, los movimientos que tratasen de comunicarle las diversas fuerzas á cuya accion estaban sometidos; pero estando enlazados, á causa de su trabazon mútua, no pueden ceder á la accion de las fuerzas que obran sobre ellos, sinó en tanto que dicha trabazon se lo permita. La velocidad, comunicada á cada punto, se ve pues precisada á descomponerse en otras dos: una es la que toma el punto efectivamente, y la otra queda destruida por efecto de la trabazon del sistema, y de la reaccion de los puntos unos sobre otros. Mas, en virtud del principio de *d'Alembert*, que tenemos demostrado (§ 454 y siguientes Mec.) *estas velocidades destruidas, son necesariamente tales, que si ellas solas estuviesen comunicadas á dichos cuerpos ó puntos, habria equilibrio en el sistema.* Por lo que, espresando en cada caso, las condiciones del equilibrio entre las cantidades de movimiento debidas á las velocidades así destruidas, se tendrán ecuaciones que, haciendo abstraccion de las dificultades de la integracion, podrán hacer conocer las circunstancias del movimiento.

Por medio de este principio de *d'Alembert*, se estiende fácilmente á una reunion de puntos materiales ó cuerpos, el *principio de la conservacion de las fuerzas vivas*, que acabamos de demostrar para un solo punto ó cuerpo. En efecto, llamemos x, z, u, las coordenadas de uno de los puntos, ó cuerpos del sistema, cuya masa es M. Sean X, Z, U las velocidades que las fuerzas, que obran sobre él, son capaces de comunicarle en el sentido de cada eje. Las velocidades con que este punto se moverá efectivamente en el sentido de los ejes, estarán espresadas (§ 374 Mec.) por $\frac{dx}{dt}$, $\frac{dz}{dt}$, $\frac{du}{dt}$; y cada una de ellas aumentará en el instante dt, la cantidad $\frac{d^2x}{dt}$, $\frac{d^2z}{dt}$, $\frac{d^2u}{dt}$. Pero las fuerzas que obran sobre el cuerpo ó punto, le comunicarían en el sentido de cada eje, durante el instante dt si estuviese libre, las velocidades Xdt, Zdt, Udt. Luego el espresado punto pierde, en el sentido de cada eje, por efecto de la reaccion de los puntos ó cuerpos unos sobre otros, las velocidades $Xdt - \frac{d^2x}{dt}$, $Zdt - \frac{d^2z}{dt}$, $Udt - \frac{d^2u}{dt}$.

Lo mismo sucede á cada uno de los demas puntos ó cuerpos; y en virtud del principio de *d'Alembert*, si todos los puntos ó cuerpos estu-

concebir que exista ninguna máquina, en la que no haya muchos obstáculos al movimiento, independientemente de aquel de que se acaba de hablar. En efecto, la máquina mas simple de todas es una cuerda, por medio de la cual se elevase un peso, como el agua de un pozo; y se ve que el peso de la cuerda, añadiéndose al que se quiere

viesen animados de estas velocidades perdidas, habría entónces equilibrio en el sistema entre sus cantidades de movimiento. Para espresar las condiciones de este equilibrio, harémos uso del *principio de las velocidades virtuales*, demostrado (§ 267 y siguientes Mec.); y representando por Dx, Dz, Du (*), las velocidades virtuales de estos puntos, estimadas en el sentido de los ejes, los momentos de las cantidades de movimiento debidas á las velocidades perdidas en el sentido de estos mismos ejes, serán respectivamente $M\left(Xdt-\frac{d^2x}{dt}\right)Dx$,

$M\left(Zdt-\frac{d^2z}{dt}\right)Dz$, $M\left(Udt-\frac{d^2u}{dt}\right)Du$; y se tendrá, para espresar que la suma de estos momentos es nula, la ecuacion

$$\int.\left[M\left(Xdt-\frac{d^2x}{dt}\right)Dx+M\left(Zdt-\frac{d^2z}{dt}\right)Dz+\right.$$

$$\left.M\left(Udt-\frac{d^2u}{dt}\right)Du\right]=0\ (e);$$

en la cual espresamos con el signo integral $\int$, *la suma de todas las cantidades semejantes ó análogas á las contenidas en el paréntesis, tomadas para todos los puntos ó cuerpos del sistema.*

Como, la integral de una suma es lo mismo que la suma de las integrales (§ 634 II T. E), resulta que á esta ecuacion le podrémos dar esta forma

$$\int.MXdtDx-\int.M\frac{d^2x}{dt}Dx+\int.MZdtDz-\int.M\frac{d^2z}{dt}Dz$$

$$+\int.MUdtDu-\int.M\frac{d^2u}{dt}Du=0\ (f);$$

ó pasando al segundo miembro los términos negativos, y poniendo el primer miembro por segundo y al contrario, será

$$\int.M\frac{d^2x}{dt}Dx+\int.M\frac{d^2z}{dt}Dz+\int.M\frac{d^2u}{dt}Du=$$

$$=\int.MXdtDx+\int.MZdtDz+\int.MUdtDu\ (g).$$

Y por el mismo principio, acabado de citar, de ser *la suma de las integrales lo mismo que la integral de la suma*, nos resultará

(*) Empleamos aquí la característica particular D para los incrementos, ó diferenciales de las coordenadas que representan las velocidades virtuales de los puntos, á fin de no confundirlas con las diferenciales dx, dz, du, que espresan los espacios corridos en el sentido de cada eje, en virtud del movimiento efectivo del sistema.

levantar, opone un obstáculo, ademas del que resulta del trabajo que se quiere hacer. La máquina mas simple, despues de esta, es una palanca, en la cual es necesario al ménos vencer el razonamiento sobre el punto de apoyo. Si una cuerda, que eleva un fardo, pasa por

---

$$\int .\, (M \frac{d^2x}{dt} Dx + M \frac{d^2z}{dt} Dz + M \frac{d^2u}{dt} Du) =$$

$$= \int .\, (MXdtDx + MZdtDz + MUdtDu)\ (h).$$

Como dt es constante, y se halla en todos los términos del segundo miembro, podrémos sacarla fuera del signo integral en dicho segundo miembro, y pasarla dentro del primero por divisor, lo que nos dará

$$\int .\, (M \frac{d^2x}{dt^2} Dx + M \frac{d^2z}{dt^2} Dz + M \frac{d^2u}{dt^2} Du) =$$

$$= \int .\, (MXDx + MZDz + MUDu)\ (i);$$

y como en el primer miembro es comun la M y el denominador dt^2 en todos los términos, y la M lo es tambien en todos los términos del segundo miembro, resulta que la podrémos poner bajo esta forma

$$\int .\, M \frac{Dxd^2x + Dzd^2z + Dud^2u}{dt^2} = \int .\, M\, (XDx + ZDz + UDu).$$

Ahora debemos observar, que hay un gran número de casos en que las velocidades virtuales Dx, Dz, Du se pueden considerar como idénticas con los espacios dx, dz, du; y que esto sucederá generalmente siempre que las condiciones de la trabazon, enlace, union ó relacion de posicion de los puntos materiales sean independientes del tiempo. En efecto, los espacios Dx, Dz, Du, no están sujetos á ninguna otra condicion, que á poder ser descritos sin alterar las condiciones de la trabazon de los puntos, tales como se verifican en el instante y en la situacion en que se considera el sistema; pueden, pues, reputarse iguales á los espacios dx, dz, du, que el punto describe por el movimiento del sistema, á ménos que, mientras dura este movimiento, varíen las condiciones de la trabazon. Por ejemplo, si uno de los puntos estuviese sujeto á permanecer en una línea, que fuese ella misma conducida por un movimiento dado, en este caso, el espacio que describiría efectivamente por su movimiento, no debería ser confundido con el espacio que podría describir en consecuencia de un pequeño estremecimiento dado al sistema, tomado en un instante y en una situacion determinada. Pero, haciendo abstracion de los casos de esta especie, se podrán reemplazar Dx, Dz, Du, por dx, dz, du en la ecuacion anterior, lo que la convertirá en

$$\int .\, M \frac{dxd^2x + dzd^2z + dud^2u}{dt^2} = \int .\, M\, (Xdx + Zdz + Udu)\ (k).$$

Multiplicando ahora el numerador y denominador del primer miembro por 2, y sacando fuera del signo integral el factor constante $\frac{1}{2} M$ se convierte en

$$\tfrac{1}{2} M \int .\, \frac{2dxd^2x + 2dzd^2z + 2dud^2u}{dt^2} = \int .\, M\, (Xdx + Zdz + Udu)\ (l).$$

Pero la integral del primer miembro, en virtud de lo espuesto (§ 375

una poléa fija, entónces, ademas del peso que se debe levantar, es necesario vencer el de la cuerda, el que produce su flexion en el carril de la poléa, y el rozamiento de esta sobre su eje. Esto prueba que, para no tener que vencer en una máquina sinó el obstáculo que resulta del trabajo que se quiere hacer, sería necesario, lo que es imposible, construirla con cuerpos no pesados, perfectamente elásticos y pulimentados, y hacer mover estos cuerpos en el vacío.

Mec.) es $\frac{dx^2 + dz^2 + du^2}{dt^2} = \frac{ds^2}{dt^2} = v^2$ (*ll*), espresando v la velocidad de este punto, ó cuerpo; luego la ecuacion anterior se convertirá en

$$\tfrac{1}{2} Mv^2 = \int . M(Xdx + Zdz + Udu) \ (m);$$

y espresando ahora por el signo $\int$ la suma de todas las cantidades semejantes, correspondientes á los demas cuerpos ó puntos, tendrémos

$$\int . \tfrac{1}{2} Mv^2 = \int . \int . M(Xdx + Zdz + Udu) + const. \ (n).$$

Sacando el factor $\frac{1}{2}$ del signo integral del primer miembro, multiplicando despues toda la ecuacion por 2, y espresando por *Const.* el valor 2 *const.* que resulta, obtenemos

$$\int . Mv^2 = Const. + 2\int . \int . M(Xdx + Zdz + Udu) \ (o).$$

La constante se determina en virtud del conocimiento del valor de la integral del segundo miembro en un instante dado, y del valor correspondiente de $\int . Mv^2$ en el mismo instante.

Por manera, que si espresamos por w la velocidad en el principio del movimiento, como la integral del segundo miembro en dicho instante es cero, nos resultará $\int . Mw^2 = Const.$ Por lo que la ecuacion anterior se nos convertirá en $\int . Mv^2 - \int . Mw^2 = 2. \int . \int . M(Xdx + Zdz + Udu)$ (*p*).

Esta ecuacion nos dice que *la suma de las fuerzas vivas, adquiridas por los diversos cuerpos ó puntos materiales del sistema, durante un cierto tiempo, ó la fuerza viva de todo el sistema, es siempre numéricamente igual al duplo de la suma de las cantidades de accion, que las fuerzas, que obran sobre estos puntos, han comunicado durante el mismo tiempo*; de modo, que *la fuerza viva del sistema es en realidad independiente de las condiciones de trabazon, enlace ó dependencia que tienen entre sí los cuerpos ó puntos, y de la naturaleza de las líneas descritas por los mismos cuerpos ó puntos; y se puede calcular únicamente en virtud de los espacios que los cuerpos han corrido en el sentido de cada fuerza.* Se ve, ademas, que *si, en un instante cualquiera, el sistema estuviese abandonado á sí mismo, y que no obrase ya ninguna fuerza sobre él, la suma de las fuerzas vivas que se verificaria en este instante, se conservaría sin alteracion, cualesquiera que fuesen los movimientos que los cuerpos tomasen despues los unos con relacion á los otros, y las variaciones que podrian sufrir sus velocidades.*

La propiedad de ser *la fuerza viva del sistema en cada instante la mis-*

130 En las condiciones enunciadas arriba sobre el equilibrio que se establece en una máquina entre las presiones ejercidas por el motor y por la resistencia, y sobre la igualdad de las cantidades de accion gastadas por el uno y consumidas por el otro, se comprendían necesariamente, en la resistencia, ademas de las fuerzas empleadas

---

ma que los cuerpos habrían adquirido, si estando animados por las mismas fuerzas, ellos se hubieran movido libremente cada uno sobre la línea que describe, es la que ha hecho dar á este principio el nombre de *Conservacion de las fuerzas vivas.*

Pero repetimos que no se debe olvidar, que *la existencia de la ecuacion precedente supone que las condiciones de la trabazon ó enlace de los cuerpos ó puntos, son independientes del tiempo.* Ella bastará para determinar el movimiento del sistema, siempre que el paréntesis del segundo miembro sea una diferencial exacta de las tres variables x, z, u, lo que se verificará en los casos indicados (§ 376 Mec.).

Importa mucho no perder jamas de vista, que *la existencia de la* (ec. p) *supone igualmente que las curvas descritas por los puntos son continuas, y que sus velocidades no varian en cada elemento del tiempo sinó en una cantidad sumamente pequeña, ó, como se dice generalmente, infinitamente pequeña.* Para hacerlo ver, notarémos que el principio de *d'Alembert* se verifica igualmente, sea que las velocidades y las direcciones de los puntos varíen en un instante, una cantidad infinitamente pequeña ó una cantidad finita, y suministra igualmente los medios de hallar la naturaleza del movimiento. Esto ya lo hemos manifestado (§ 455 Mec.); pero no obstante, lo harémos ver aquí, pues al mismo tiempo deducirémos el teorema de *Mr. Carnot*, que viene á ser el complemento de este principio.

Sea M la masa de uno de estos cuerpos, que consideramos reunida en su centro de gravedad, para no tener que atender sinó á un punto material, cuya masa sea M; sea v la velocidad que tiene en un instante dado, representada en magnitud y en direccion por la línea $m\,n$ (fig. 34 lám. 1.ª).

Supongamos que, por una causa cualquiera, esta velocidad, viniendo á variar en este instante una cantidad finita, se convierta en v' representada en magnitud y en direccion por $m\,n'$. Concluyendo el paralelógramo $m\,n'\,n\,n''$, será necesario concebir que la velocidad primitiva v ó $m\,n$, se ha descompuesto, por consecuencia de la accion mútua de los cuerpos, en otras dos, de las que la una v' ó $m\,n'$ subsiste, y la otra $m\,n''$ ó v'' es destruida. Y en virtud del principio, que se acaba de citar, esta última debe ser tal que si todos los puntos se hallasen animados respectivamente de las cantidades de movimiento Mv'', debidas á estas velocidades, habría equilibrio entre ellas en el sistema. Pero teniendo presente (§ 466 cor. 1 ° I T. E.) que $m\,n''=n\,n'$, el triángulo $m\,n\,n'$ nos da (§ 29 Mec.) $m\,n^2=m\,n'^2+m\,n''^2+2m\,n'.\,m\,n''.\cos.\,m\,n'\,n$, ó sustituyendo en vez de $m\,n$, $m\,n'$, $m\,n''$ sus valores respectivos v, v', v'', tendrémos $v^2=v'^2+v''^2+2v'\,v''\cos.\,m\,n'\,n$ (q); y como el ángulo $n'\,m\,n''$ es suplemento del ángulo $m\,n'\,n$, se tendrá $\cos.\,m\,n'\,n=-\cos.\,n'\,m\,n''$ y será $v^2=v'^2+v''^2-2v'\,v''\cos.\,n'\,m\,n''$ (r). Multiplicando todos los términos por M, y formando la suma de las ecuaciones semejantes que tuviesen lugar para todos los puntos ó cuerpos del sistema, resultará
$S.mv^2=S.mv'^2+S.Mv''^2-2S.Mv'\,v''\cos.\,n'\,m\,n''$ (s).

Pero como las cantidades de movimiento Mv'' deben hacerse equilibrio, resulta que, en virtud del principio de las velocidades virtuales (§ 267 y sig. Mec.), multiplicando Mv'' por el pequeño espacio que el punto corre en el sentido de v'', si se diese al sistema un movimiento infinita-

en el trabajo efectuado por la máquina, las necesarias para vencer los obstáculos inherentes á la máquina misma. Es necesario, pues, en toda máquina *concebir la presion ó esfuezso, ejercido por el motor, dividida en dos partes, de las cuales, una forma equilibrio con la resistencia propiamente dicha, resultante del trabajo que se debe efectuar, y la otra con las resistencias que provie-*

mente pequeño, espacio espresado por v' cos. $n' m n'' dt$ (si se suponen siempre las condiciones de la trabazon de los cuerpos independientes del tiempo), será necesario que la suma de los productos semejantes sea nula. Luego se tiene la ecuacion $S.Mv'' \; v' \cos. n' m n'' \; dt=0$, (t), la cual hace desaparecer el último término de la (ec. s), y queda reducida á $S.Mv^2=S.Mv'^2+S.Mv''^2$ (u); que podrémos poner bajo esta forma $S.Mv'^2=S.Mv^2-S.Mv''^2$ (v).

Este resultado nos manifiesta, que *la suma de las fuerzas vivas, que se verifica en el sistema, despues de la mudanza brusca, es menor que la que tenia lugar ántes*; y que el sistema *ha perdido una cantidad de fuerza viva igual á la que se verificaría si los cuerpos estuviesen animados de las velocidades que ellos han perdido en el momento de esta mudanza*; que es el teorema de *Carnot*. De él resulta, que, siempre que se hace una mudanza repentina en la velocidad de los puntos ó cuerpos de un sistema, sucede precisamente lo mismo que si las fuerzas que les son aplicadas, hubiesen cesado de obrar durante un cierto tiempo, y hubiesen impreso al ménos una cantidad de accion numéricamente igual á la mitad de la fuerza viva debida á las velocidades perdidas.

Cuando el movimiento muda por grados insensibles, los puntos materiales ó cuerpos pierden, en cada instante, por su accion mútua, ó por la reaccion de las líneas y superficies en que están detenidos, una porcion de su velocidad; pero esta porcion, siendo como se acostumbra decir, *infinitamente pequeña*, la fuerza viva perdida en cada elemento del tiempo, que es proporcional al cuadrado de la velocidad, es lo que se llama *infinitamente pequeña de segundo órden*, y despues de un tiempo finito, ella es *infinitamente pequeña del primer órden ó nula*. En efecto, debemos observar que el teorema de *Carnot*, acabado de manifestar, no es una verdad de pura especulacion; se verifica rigorosamente en todas las máquinas siempre que la velocidad de un cuerpo, cuyo peso es P, aumenta ó disminuye una cantidad finita v''. Para determinar esta pérdida, supongamos que P sea el peso de este cuerpo, su masa será (§ 164 Mec.) $\frac{P}{g}$; y en virtud de la ecuacion (v) se verifica en la máquina una pérdida de fuerza viva espresada por $\frac{P}{g} v''^2$; repartiendo esta pérdida igualmente entre la resistencia, y el motor, resulta que este perderá una parte de fuerza viva, en virtud de dicha variacion de velocidad, espresada por

$$\tfrac{1}{2}.\frac{P}{g}.v''^2=P.\frac{v''^2}{2g}$$

; y como si espresamos por h la altura debida á esta velocidad v'' (§ 50 y 51 *M. p*) resulta $h=\frac{v''^2}{2g}$; tendrémos que $P.h$ espresa la parte de cantidad de accion que, en virtud de la variacion de velocidad, cualquiera que sea la causa, pierde el motor, y que no es trasmitida á la resistencia. De donde resulta, en general, que cuando en una

nen de la máquina; y la cantidad de accion, que el motor gasta en su punto de aplicacion, dividida tambien en dos partes, de las cuales, una es consumida por estas últimas resistencias y que se pierde enteramente; y la otra produce el trabajo efectuado, que es lo que se llama efecto útil de la máquina.

131 Es necesario tambien hacer *una distincion entre los obstáculos permanentes, que aumentan el esfuerzo del motor, y los efectos de los choques que aniquilan una parte de su cantidad de accion.*

Porque, ademas de los obstáculos al movimiento inherentes á la máquina, que se pueden llamar *permanentes* y son los rozamientos *,

---

máquina se verifica una mudanza repentina por efecto de un choque ó de cualquiera otra causa, se pierde una cantidad de accion equivalente *al producto del peso de la máquina puesta en movimiento por la altura debida á la velocidad perdida ó ganada en el instante de la mudanza repentina.*

* En nuestra Mecánica desde el § 275 al 297 tenemos publicado casi todo lo que se sabe hasta el dia sobre los rozamientos y rigidez de las cuerdas; y para completar aquellos conocimientos insertarémos aquí las dos tablas siguientes, que pone *Mr. Navier* en los (§§ 23 y 24) del resúmen de sus *Lecciones de Mecánica aplicada, en la escuela de Puentes y Calzadas de París* año de 1827, y que dicho apreciable Autor se sirvió regalarme litografiadas al despedirnos.

1.ª *Rozamiento de los ejes cuando el movimiento dura despues de un cierto tiempo.*

Indicacion de los ejes que han servido para el esperimento.	Relacion del rozamiento á la presion.	OBSERVACIONES.
Eje de fierro en una caja de cobre. . .	0,155	Se ve, por esta tabla, que el rozamiento de los ejes es en general un poco ménos considerable en circunstancias semejantes que el rozamiento de las superficies planas; y se puede juzgar tambien en virtud de los resultados precedentes, que en todos los casos que se pueden presentar en el movimiento de las máquinas en que las superficies están ordinariamente untadas con cuerpos grasos, el rozamiento es muy inferior al tercio de la presion: de modo, que la valuacion admitida por Belidor es de todo punto falsa.
——— con un unto de sebo.	0,085	
——— con un unto de coche.	0,12	
Las superficies estando penetradas por el sebo y permaneciendo untuosas. . . .	0,127	
——— con un unto de aceyte.	0,13	
——— con un unto que no se habia renovado en mucho tiempo, aunque la máquina habia servido continuamente.	0,133	
Eje de encina en una caja de olmo untada con sebo.	0,03	
——— el unto habiendo sido limpiado y permaneciendo untuosas las superficies.	0,05	
——— en una caja de gayaco con un unto de sebo.	0,038	
——— el unto estando limpio y permaneciendo untuosas las superficies. . .	0,06	
——— despues de haber servido largo tiempo sin que se hubiese refrescado el unto.	0,07	
Eje de box en una caja de gayaco untada con sebo.	0,043	
——— el unto estando quitado y las superficies quedando untuosas. . . .	0,07	
——— en una caja de olmo untada con sebo.	0,035	
——— el unto estando limpio y permaneciendo untuosas las superficies. . .	0,05	

la rigidez de las cuerdas y la resistencia de los medios: obstáculos, que es necesario tomar en consideracion cuando se quieren poner en equilibrio las presiones ejercidas por el motor y por la resistencia. Hay frecuentemente en las máquinas otra causa, que hace perder inútilmente una parte de la cantidad de accion suministrada por el

2.ª *Rozamiento en los carruages.*

Circunstancias del movimiento.	Relacion del rozamiento á la presion.	OBSERVACIONES.
Carruage que gira sobre un terreno horizontal firme y unido, los caballos caminando al paso ó al trote.	$\frac{1}{25}$	Véanse los esperimentos de *Mr. Boulard* diario de Fisica 1785. Una Memoria del Conde de *Rumford*, Biblioteca Británica Sc. y Art. T. 47. Estos resultados convienen á las ruedas de una magnitud ordinaria y no á las pequeñas ruedas. El rozamiento no varía con la velocidad. Hay esperimentos que indican resistencias mucho menores.
Sobre pavimento de arenisca, los caballos yendo al paso. . . .	$\frac{1}{25}$	
Los caballos yendo al gran trote.	$\frac{1}{14}$	
Sobre un terreno arenisco ó de cantos nuevamente colocados, tanto al paso como al trote. . .	$\frac{1}{8}$	
Sobre un camino de fierro de carriles planos.	$\frac{1}{60}$	
Id. de carriles salientes.	$\frac{1}{100}$	

Ademas incluirémos aquí todas las consecuencias que deduce *Mr. Navier* acerca de los rozamientos, en sus importantísimas notas á la *Arquitectura Hidráulica de Belidor*; pues tendrémos frecuentes ocasiones en lo sucesivo de hacer aplicacion de tan interesantes resultados.

Belidor, fundándose en los esperimentos de Amontons, que se hallan en las *Memorias de la Academia de las Ciencias año de* 1699, deduce que *el rozamiento es el tercio de la presion ó fuerza motriz empleada;* y *Mr. Navier* manifiesta que esto es falso é inexacto, repitiéndolo en muchos parages.

En la nota (*a n*), rectificando *Mr. Navier* lo que espresa *Belidor* en el artículo 223, pág. 134, valúa el rozamiento de los émbolos en los cuerpos de bomba, diciendo: "miéntras mas elevada está la columna de agua, mas fuertemente debe comprimir el émbolo al cuerpo de bomba para no dejar escapar al agua. *Lansdorf*, Autor de una teoría de las bombas y máquinas de columna de agua, ha dado sobre este asunto el resultado siguiente, fundado, segun él asegura, en numerosos esperimentos. Para los émbolos de las máquinas de columna de agua y de las máquinas de vapor, la resistencia del rozamiento valuada en quilógramas está espresada por la fórmula $300\,rH$; en la cual r espresa el radio del cilindro en que se mueve el émbolo, y H la altura de la columna de agua que carga sobre el émbolo: estando espresados los valores de r y H en metros. De aquí se sigue que esta resistencia es proporcional á la carga del émbolo y á su diámetro." Para reducir esta fórmula á nuestras pesas y medidas, y que este resultado se esprese en libras españolas, multiplicarémos por 2,173474 libras españolas que tiene la quilógrama; y dividi-

motor. Esta consiste en las mudanzas repentinas que sobrevienen á las velocidades de los cuerpos que en ellas se ponen en movimiento, y que son ordinariamente causadas por choques. En efecto, en todo choque se pierde por el motor una cantidad de accion, que no se trasmite á la resistencia, y que está espresada, en virtud de lo es-

---

rémos dos veces por 3, 588922 para reducir r y H á pies españoles, y tendrémos que $2{,}173474.\ 300.\ \frac{r}{3{,}588922}.\ \frac{H}{3{,}588922} = 50,\ 1.r.H$ será el número de libras españolas á que equivaldrá este rozamiento estando espresados los valores de r y H en pies españoles.

La nota (*ar*) pág. 147 es relativa al rozamiento en los carruages. Pone algunos de los resultados que ya hemos insertado, y despues dice: "se puede considerar una rueda bajo la relacion de la ventaja que ofrece para vencer un obstáculo; esto es lo que se llama la *potencia de una rueda.* Se admite ordinariamente que esta potencia es proporcional á la raiz cuadrada del radio de la rueda" lo que en seguida demuestra.

La nota (*ax*) la destina para aclarar la teoría de los rozamientos en los engranages; y haciendo uso de los resultados de *Coulomb*, deduce pág. 168 que *el aumento de la potencia por causa del rozamiento en un engranage viene á ser* $\frac{5}{1000} = \frac{1}{200}$ *; y que si hubiese cuatro engranages, entre todos ascendería el aumento que debia tener la potencia por todos ellos á* $\frac{4}{200} = \frac{1}{50}$ *; cantidad que es permitido despreciar, atendiendo al grado de exactitud con que se puede esperar calcular las máquinas.*

En la nota (*ay*) presenta la teoría del rozamiento de una cuerda arrollada sobre un cilindro inmóvil; y termina pág. 174.... «no se tienen esperimentos especiales para fijar en este caso el valor de él; pero no se puede uno engañar mucho suponiendo que está representado por 0,33."

Despues de las muchas aplicaciones que hace para la construccion de los molinos de trigo, supone el rozamiento en estos términos. Pág. 410, en $\frac{1}{10}$ de la cantidad de accion: pág. 416 dice "Para tener despues la cantidad de accion trasmitida á las muelas, es necesario disminuir el número precedente en razon de los rozamientos." Sin entrar en el detalle de su cálculo, que sería imposible hacer con exactitud á falta de los elementos necesarios, se puede presumir, atendiendo á que una de las muelas estaba movida por un doble engranage, que la cantidad de accion consumida por los rozamientos era cerca de $\frac{1}{8}$ de la trasmitida al árbol de la rueda.

Pág. 419 dice "Conservando las denominaciones precedentes y las de esta nota, suponiendo que el molino no deba hacer girar sinó una sola muela, y añadiendo á la cantidad de accion gastada por la muela $\frac{1}{10}$, para tener cuenta con los rozamientos, se tendrá.......pág. 425 estima tambien en $\frac{1}{10}$ la cantidad de accion que podrían consumir los rozamientos.

puesto (nota del § 127) *por el producto del peso del cuerpo, que sufre la alteracion instantánea de la velocidad, por la altura debida á la velocidad perdida ó ganada en el momento de la mudanza repentina.*

132 Se ve, pues, que la cantidad de trabajo, que se efectúa por una máquina, ó su *efecto útil*, no es jamas el todo de la cantidad de accion suministrada por el motor; y que bien léjos de poder esceder á esta cantidad de accion, nunca puede igualarla. Una máquina es tanto mas perfecta, cuanto su efecto útil se acerca mas á la cantidad de accion que consume; y es principalmente hácia este punto de perfeccion al que se debe aspirar en su establecimiento. El medio de conseguirlo es, en general, hacer *sencillo su mecanismo, y evitar todo choque entre cuerpos duros, y toda mudanza repentina en las velocidades.* Hay máquinas en que el efecto útil difiere poco de la cantidad de accion gastada por el motor; hay otras, tales como la antigua máquina de Marly, donde apenas era un cincuentavo de la espresada cantidad de accion.

133 Una de las partes mas importantes del establecimiento de las máquinas, es la eleccion del *mecanismo* mas conveniente al objeto que se quiere obtener. Se entiende propiamente por *mecanismo*, la dis-

---

Pág. 433 nota (*ds*) deduce que $\frac{1}{11}$ del esfuerzo se empléa en vencer los rozamientos.

Pág. 477 nota (*ed*) "adoptando $0,2 = \frac{1}{5}$ para la relacion del rozamiento á la presion."

Pág. 511 nota (*ek*) "para tener la cantidad de accion correspondiente á trasmitir por el motor se puede desde luego añadir $\frac{1}{7}$ por el rozamiento y el trasporte del carro."

De donde resulta, que en el caso mas desfavorable reputa *Mr. Navier* en $\frac{1}{5}$ la relacion del rozamiento á la presion ó potencia motriz empleada, que es cerca de la mitad de $\frac{1}{3}$; despues en $\frac{1}{7}$ ó $\frac{1}{8}$ que es ménos de la mitad de $\frac{1}{3}$; y por regla general en $\frac{1}{10}$ ó $\frac{1}{11}$, que es mas de tres veces menor que $\frac{1}{3}$ adoptado por Belidor y la mayor parte de los Constructores.

posicion de las piezas por medio de las cuales el movimiento comunicado por el motor á su punto de aplicacion, se trasmite al punto de aplicacion de la resistencia. Cuando se conocen de antemano las circunstancias del movimiento de estos dos puntos por la naturaleza del motor y la del trabajo que la máquina debe ejecutar, hay en general muchos mecanismos por cuyo medio pueda efectuarse el uno de estos movimientos por el otro. Los diversos métodos para producir un movimiento dado por medio de otro movimiento, igualmente dado, se han reunido y clasificado metódicamente, por la primera vez, en la obra de los dos célebres Españoles *don José Lanz*, y *don Agustin de Betancourt*, de que damos alguna idéa en el § 266 de nuestra Mecánica. Por otra parte, debemos advertir, que la investigacion de los medios para trasformar un movimiento en otro, es propiamente una cuestion de Geometría; pero en la aplicacion que se haga de estos medios, hay muchas consideraciones mecánicas sobre que importa detenerse.

134 Advertirémos en primer lugar, que la cualidad de una máquina, á que la mayor parte de los Autores parece dan mas importancia, es la *sencillez*; por cuya palabra se entiende el empléo del mas pequeño número posible de partes móviles. Esta consideracion es sin duda esencial en general; pero no es preciso darle una estremada importancia; pues la máquina mas simple ó mas sencilla no es siempre la mas conveniente. Por ejemplo un trinéo y un carro son mas simples que un coche; sin embargo, este último es preferible para el uso de las personas. Cuando se quiere levantar el agua de pozo con un cubo, lo mas simple es tirar del cubo con una cuerda. Pero, en virtud de lo espuesto (§ 240 Mec.), es mejor hacer pasar la cuerda por una poléa fija, y aun todavía mas ventajoso arrollarla sobre un árbol que gira por medio de una cigüeña; porque con estos últimos procedimientos un hombre subirá mas agua en el mismo tiempo sin fatigarse tanto. Se ve, por estos ejemplos familiares, que la perfeccion de una máquina no consiste precisa é indispensablemente en tener las ménos partes ó piezas posibles, sinó que ella tendrá siempre el grado de sencillez conveniente, con tal que no presente ninguna pieza que no se pueda suprimir sin aumentar la fatiga del motor, ó disminuir la cantidad de trabajo efectuado.

135 El establecimiento de una máquina es una especulacion, en la cual se trata de hacer el menor gasto posible, produciendo una cantidad determinada de trabajo. Los gastos de primera construccion son un objeto importante; pero los de conservacion y reparacion acaso

so lo son mas, hablando en general, y hay muchos casos en que la interrupcion del trabajo, que exigen las reparaciones, es estremamente perjudicial.

136 El gasto del motor debe tambien tomarse en consideracion, ya resulte solo de su primer establecimiento, como en las máquinas movidas por una caida de agua, ya exija gastos diarios, como en las máquinas movidas por los animales ó por el vapor. Se ve, pues, que es necesario principalmente fijarse, al tratar de la composicion de una máquina: 1.º en reducir todo lo posible los gastos de primera construccion, no empleando piezas inútiles, y disminuyendo por una disposicion bien entendida, los esfuerzos sostenidos por las diversas partes, y por consiguiente sus dimensiones; 2.º en prevenir interrupciones en el trabajo y reparaciones frecuentes, empleando de preferencia materiales duraderos, y procurando á la máquina una marcha suave, uniforme, exenta de choques y sacudimientos, á los cuales nada resiste á la larga; 3.º en utilizar la accion del motor, de que se dispone, haciendo de modo que ninguna parte de su accion se empleé inútilmente en comprimir puntos fijos, disminuyendo los rozamientos y otras resistencias que la consumen en pura pérdida.

137 Para que estos preceptos generales sean útiles en la práctica, es necesario entrar en algunos pormenores. Lo primero que se debe considerar, en la composicion de una máquina, es el modo con que se haga obrar el motor sobre su punto de aplicacion. El solo precepto general, que se debe dar sobre este punto, es que *se necesita, en cuanto sea posible, dirigir el esfuerzo del motor tangencialmente ó en direccion de la tangente á la línea descrita por este punto.* El objeto de este precepto es que el esfuerzo no se descomponga, sinó que sea empleado todo entero en hacer obrar la máquina. El mismo principio se aplica á la accion que ejercen las diversas piezas del mecanismo, que se trasmiten unas á otras el movimiento. Es necesario que la normal ó perpendicular comun á las superficies, que se ponen en contacto, se halle tangente á la direccion del movimiento. Despues de haber arreglado los engranages, de modo que los ejes de rotacion no sostengan sinó los esfuerzos necesarios para la trasmision del movimiento, es necesario procurar que estos esfuerzos sean los menores posibles. Se consigue esto disponiendo convenientemente las situaciones respectivas y las magnitudes de las ruedas.

138 Sea, en primer lugar, una rueda A, que el motor hace girar obrando en la direccion mp (fig. 35 lám. 1), y que hace obrar una máquina por medio de los dientes, que hay en su circunferencia, y

engranan en los de un piñon. El punto de la circunferencia de la rueda, en que se debe colocar el piñon, parece al principio indiferente. Sin embargo, de la situacion de este punto dependen enteramente los esfuerzos que el eje *C* ha de sostener. En efecto, la presion ejercida sobre este eje, será la resultante de tres fuerzas, á saber: del peso de la rueda, que obra segun la vertical que pasa por *C*; del esfuerzo *p* del motor, y de la presion de los dientes de la rueda con los del piñon. Pero si el piñon está colocado en *B*, es decir, de modo que el punto de contacto se halle en *n* sobre la perpendicular tirada desde el centro *C* á la direccion *mp* del motor, y del mismo lado con relacion á este centro, la resultante de estas tres fuerzas será la menor posible, é igual al peso de la rueda *A* mas la diferencia entre el esfuerzo *p* del motor y la presion mútua *q* de los dientes; pues que obra la resistencia del piñon en la direccion *nq* paralela con *mp* y en sentido inverso. Si, al contrario, el piñon está colocado en B', situacion directamente opuesta, la accion sobre el eje *C* será la mayor posible é igual al peso de la rueda *A*, mas la suma del esfuerzo del motor y de la presion de los dientes, que se hallaría entónces dirigida en el sentido $n'q'$. Y como la fatiga, que sufre el eje, y el rozamiento sobre sus gorrones, son proporcionales al esfuerzo que sostiene, importa colocar de preferencia el piñon en la posicion *B*, esto es, de modo que la potencia se halle entre el eje y el piñon.

139 No lo es ménos el arreglar convenientemente el diámetro de la rueda dentada *A*; porque la diferencia entre el esfuerzo *p* del motor y la presion *q* de los dientes, es tanto mayor, cuanto los radios *Cm* y *Cn* difieren mas; *y si fuesen iguales, el eje* C *sostendría solo el peso de la rueda* A, *y no sufriría ya ningun esfuerzo procedente de la trasmision de la accion del motor*: lo cual interesa mucho tener presente, al hacer la aplicacion de lo que precede á las grandes ruedas de agua que hacen mover las diversas especies de molinos ó ingenios.

140 Despues de haber considerado la rueda, á que el motor está aplicado, pasemos á considerar las ruedas intermedias, que trasmiten su accion á las partes de la máquina. Debemos observar ante todas cosas, que si los esfuerzos del motor y de la resistencia permanecen los mismos, las presiones entre los dientes de las ruedas intermedias, que se trasmiten sobre los ejes, serán tanto menores cuanto los diámetros de estas ruedas sean mayores. Así, independientemente de la regla general que prescribe *no emplear jamas piñones*

muy pequeños, sobre todo, cuando engranan ruedas grandes en ellos, se ve que hay, en general, ventajas en dar á las ruedas y piñones intermedios un gran diámetro: pues que por este medio se disminuyen tambien las presiones sobre los ejes, y los rozamientos que de ellas resultan, al mismo tiempo que se procura un mayor brazo de palanca á las fuerzas que deben hacer equilibrio á estos rozamientos. Este aumento en los diámetros de las ruedas y piñones, lo ocasiona tambien en los esfuerzos que se dirigen á torcer los ejes; pero esto solo tiene lugar en razon de los diámetros, mientras que para procurar á los ejes la misma resistencia, bastará aumentar su espesor en razon de la raiz cúbica de dichos diámetros. Lo cual enseña que las ruedas y piñones intermedios deben tener el mayor diámetro que permitan las demas circunstancias del establecimiento de la máquina.

141 Consideremos ahora la *disposicion que deberá darse á las ruedas situadas al rededor de un eje principal para que este les comunique un movimiento de rotacion.*

Para esto, sea MN (fig. 36 lám. 1) un eje, que recibe del motor un movimiento de rotacion, y sobre el cual deben estar fijas las ruedas dentadas que tienen por objeto comunicar este movimiento. Sea A una de estas ruedas. Si se hace que engrane en otras dos B, C, cuyos ejes estén situados en un mismo plano con el eje MN, las presiones mq, nq que se ejercerán sobre los dientes en m, n siendo iguales y en sentidos opuestos, el eje MN no tendrá ningun esfuerzo que sostener. Pero si las ruedas B y C no están colocadas en frente una de otra, los esfuerzos ejercidos en m, n (figs. 37 y 38 lámina 1) no se destruirán ya, y se compondrán, al contrario, para producir una presion que el eje sostendrá; la cual será tanto mayor, cuanto el ángulo mMn sea menor. Se notará, por otra parte, que, para que el eje MN no sufra ninguna presion, procedente de los esfuerzos que las ruedas ejercen unas sobre otras, no basta que las ruedas conducidas B, C se coloquen simétricamente á los dos lados: es necesario, ademas, que estén situadas en un mismo plano perpendicular al eje. En la disposicion de la (fig. 38) por ejemplo, las presiones mq, nq ejercidas por los dientes, se trasmiten sobre el eje en los puntos M, N; y aunque el rozamiento sobre los gorrones y la tendencia á hacer doblar el eje sean menores que si las ruedas B, C estuviesen situadas de un mismo lado de dicho eje, esta disposicion es inferior á la de la (fig. 36), donde el eje no sufre absolutamente ningun esfuerzo.

142 Hay casos en que, léjos de impedir que las presiones mútuas de los dientes se trasporten sobre los ejes, se puede, al contrario, sacar de ellas un partido ventajoso. Por ejemplo, si el eje horizontal *MN* se hallase muy pesado, ya por su mucha masa, ya por la carga de las ruedas fijas á él, convendría, si girase el eje en el sentido indicado por las flechas, colocar todas ó parte de las ruedas conducidas *B*, *C* del lado derecho de la figura; porque las presiones *nq* dirigidas verticalmente de abajo arriba, cooperarían entónces á formar equilibrio con el peso, de que el eje *MN* está cargado, y á impedir que este peso se ejerza sobre los gorrones.

143 Podríamos estendernos mucho mas acerca de estas advertencias; pero como la variedad de las combinaciones, que presentan las máquinas es infinita, creemos debernos detener aquí; pues esto basta para poner al lector en el camino, y hacerle fijar su atencion sobre un género de consideraciones que tienen necesariamente un grande influjo sobre el buen éxito de las máquinas; en el concepto de que un conocimiento ilustrado y un exámen prolijo de un gran número de máquinas es el medio de adquirir la facilidad de componer otras.

144 Es sumamente importante disponer las *máquinas, de modo que los movimientos sean uniformes y siempre dirigidos en el mismo sentido.* En efecto, las observaciones precedentes resultan de la consideracion de la máquina en el estado de equilibrio; pero hay otras relativas á la máquina considerada en movimiento, que no son ménos importantes. El objeto que jamas se debe perder de vista, en la composicion de una máquina, y su verdadero punto de perfeccion, es que todas sus partes, y principalmente las mas sólidas ó macizas, se muevan constantemente en el mismo sentido con una velocidad uniforme. En virtud de lo que resulta del principio de la conservacion de las fuerzas vivas (nota del § 127), basta en la teoría, para que no haya fuerza perdida en una máquina (haciendo abstraccion de las resistencias que provienen de los rozamientos, rigidez de las cuerdas y resistencia de los medios), que la velocidad de sus partes varíe por grados insensibles, cualesquiera que puedan ser por otra parte sus mudanzas de velocidad y de direccion. Esto sería igualmente verdadero en la práctica, si se pudiesen ejecutar las máquinas de modo que no hubiese juego al rededor de los gorrones de los ejes, en los engranages, y en general en los contactos de las diversas partes móviles. Pero esto es imposible, pues con el uso las piezas se gastan y adquieren bien pronto mas juego del que se

les ha dado. De lo cual resulta, que no se hace jamas, en una máquina, mudanza de direccion en el movimiento, ó la velocidad no viene jamas á disminuir, despues de haber aumentado, y recíprocamente, sin que de ello resulte un choque; y por consiguiente es muy importante evitar estas mudanzas; pues que los choques, ademas de hacer perder inútilmente una parte de la accion del motor, tienen aun el perjuicio de cansar la máquina y acelerar su destruccion. Hay diversos medios de asegurar la uniformidad del movimiento en las máquinas. Los unos proceden de un trazado bien entendido de la forma de los dientes, aletas, y otras partes, por las que se trasmiten los movimientos. Los otros consisten en el empléo de los *volantes*, es decir, en un esceso de masa y velocidad que se procura dar á ciertas partes de la máquina, ó en disposiciones propias para regularizar la accion de los motores.

145 Vamos á ocuparnos ahora del modo con que *se disminuye el inconveniente de los choques, cuando son inevitables.*

Un gran número de máquinas, sea por la naturaleza del trabajo que tienen que hacer, sea por el modo de accion del motor que se les aplica, sufren necesariamente choques ó mudanzas periódicas en la direccion del movimiento y en la velocidad de alguna de sus partes. Tales son, por ejemplo, los molinos ó ingenios de aserrar, los que hacen andar martinetes, pilones ó bombas, y la mayor parte de las máquinas de vapor. Acerca de los pilones ó martillos, su choque contra las aletas del eje, que los levantan, es inevitable, y se debería procurar que desapareciese por medio de una forma particular de las mencionadas aletas y de su colocacion.

Sobre este punto debemos advertir que entre las acciones, á que los ejes están espuestos, las que mas los fatigan, en general, son indudablemente los esfuerzos, que provienen de los choques, en las máquinas que mueven pilones, martillos, mazos ó mazas por medio de ruedas. Cada vez que una aleta viene á estar en contacto con un pilon, se verifica contra la rueda, en que se halla la mencionada aleta, un choque semejante al que produciría contra un cuerpo inmóvil una masa igual á la del pilon ó mazo, movida con una velocidad igual á la que la aleta le hace tomar. De este choque resulta, en general, un esfuerzo instantáneo contra el eje de la rueda, cuyo valor es mas ó ménos considerable, y sería nulo si el punto de la aleta que obra sobre el pilon ó mazo estuviese situado á una distancia del eje de la rueda, igual á la del centro de percusion de esta misma rueda. Por lo cual es sumamente importante que esta condicion que

de satisfecha. Por otra parte, si se quiere hacer de modo que las cajas en que los pilones ó mazos están contenidos tampoco sufran ni percusion durante el choque, ni rozamiento mientras que se eleva el pilon ó mazo, será necesario que el punto de la aleta, que obra sobre él, se halle situado en la vertical que pasa por su centro de gravedad. En el caso en que es un martillo el que se levanta, y al cual la aleta imprime un movimiento de rotacion al rededor de un eje fijo, es necesario que el punto de contacto de la aleta y del mazo corresponda al centro de percusion de este último, á fin de que no resulte del choque ningun esfuerzo sobre su eje. A la verdad, no se podrá entónces evitar que, durante el movimiento del mazo ó martillo, su eje no sufra una presion procedente de la fuerza centrífuga de las partes de su masa, pues que es imposible suprimir á un mismo tiempo el esfuerzo sobre el eje fijo que procede del impulso, y el que produce dicha fuerza. Pero vale mas evitar el primero, porque los esfuerzos instantáneos fatigan y deterioran siempre mucho mas las partes de las máquinas, que presiones prolongandas durante algun tiempo. Por la misma razon, es esencial que el punto del martillo, maza ó mazo que choca sobre el yunque corresponda al centro de percusion de este martillo. Habrá en esta disposicion la doble ventaja de evitar el que resulte del choque sobre el yunque ninguna reaccion en los gorrones del eje del martillo, y de sacar el mejor partido posible de la materia que se haya empleádo en su construccion, es decir, de hacerle producir por su caida el mayor choque posible con relacion á su masa.

Ademas, se ha de procurar distribuir de tal modo las aletas y los mazos, que los choques se sucedan á intérvalos iguales, y tan cortos como sea posible, y dar mucha masa y velocidad á la rueda que lleva las aletas, á fin de que la uniformidad de su movimiento sea poco alterada.

En cuanto á los movimientos alternativos de las sierras, ó de los émbolos de las bombas, y de las máquinas de vapor, se pueden evitar los choques, y es muy importante hacerlo, procurando á estas piezas un movimiento análogo al de un péndulo que oscile al rededor de una vertical, de modo que principien y acaben cada una de sus oscilaciones con una velocidad nula. Esta condicion es mucho mas esencial que la de conservar la uniformidad del esfuerzo y velocidad durante el tiempo de cada oscilacion; y es infinitamente preferible, por ejemplo, el hacer mover los émbolos por una cigüeña, que por otros procedimientos.

146 Se pueden disminuir los inconvenientes de los choques ó de las mudanzas repentinas de velocidad en las máquinas, empleando resortes, sean formados de cuerpos sólidos, sean con porciones de aire encerrado en diferentes capacidades.

147 Así como los diámetros de las ruedas y piñones deben ser lo mas grandes que sea posible, segun hemos manifestado (139), los gorrones de los ejes deben ser tan pequeños como permita la solidez. Las ruedas deben ser perfectamente redondas y estar bien centradas. Las caras laterales de las poléas no deben ser planas, sinó que se debe aumentar un poco su espesor en el medio, para impedir que se verifique el rozamiento lateral á alguna distancia del eje. Las cuerdas deben ser bien flexibles, lo que se obtiene untándolas con grasa. Los dientes de las ruedas deben ejecutarse con precision, ser perfectamente iguales, estar igualmente esparcidos, y llenar enteramente los intérvalos, á fin de evitar los sacudimientos: no perdiendo de vista que un engranage es tanto mas perfecto cuanto los dientes son mas pequeños y se hallan mas multiplicados. Los gorrones deben llenar exactamente sus cajas. Todas las partes que se mueven, en contacto las unas con las otras, deben tener pulimentadas sus superficies, y estar untadas con grasa. Sobre cuyos puntos se recibirán mejoras de consideracion, á medida que nuestros constructores frecuenten las cátedras de Mecánica aplicadas á las Artes que, para bien de la Monarquía, va creando nuestro Sabio Gobierno. Y solo añadirémos que, en general, es necesario disponer los engranages de modo que cada rueda pueda conducir y ser conducida, para que las desigualdades que se verifican en los esfuerzos del motor ó de la resistencia no causen perjuicio, aunque la máquina camine solo en un sentido.

148 Juzgamos tambien de la mayor importancia el detenernos algun tanto para manifestar *cómo se deben hacer obrar los motores para que produzcan el mayor efecto posible.*

Con este fin, debemos observar que el verdadero objeto, que uno se propone, al establecer una máquina, es que la renta que ella produce en dinero, la cual es proporcional á su efecto útil, sea la mayor posible con relacion al gasto que ocasiona el motor. Pero el efecto útil, siempre menor (129) que la cantidad de accion suministrada por el motor *, aumenta y disminuye con ella. Es necesa-

* Repetimos tantas veces esta idéa, porque á pesar de que la tenemos demostrada (§ 115 Mec. práct. § 265 Mec. y en la primera parte de Mec. industrial II C. 5.º), sin embargo, vemos con dolor que se deducen consecuencias inexactas, de lo cual resultan perjuicios de consideracion.

rio, pues, hacer de modo que la cantidad de accion suministrada por el motor cueste lo ménos posible, ó sacar del motor la mayor cantidad de accion que se pueda: esta es la primera condicion á que se debe satisfacer.

149 Para manifestar claramente el modo con que esto puede hacerse, es necesario distinguir los motores, cuya accion se puede considerar continua, como una corriente de agua, ó la accion del viento &c. y los animales, cuya accion es necesariamente discontínua, porque solo pueden trabajar una cierta parte del dia. Tratemos ántes de los primeros, y llamemos P la presion ó esfuerzo que se verifica en el punto de aplicacion del motor, y V la velocidad por segundo de este punto: la cantidad de accion que se gastará en ella en un segundo, será PV, y se trata de dar á P y á V valores tales, que su producto sea el mayor posible. A primera vista parecerá que esto se podrá conseguir, aumentando indefinidamente los valores de P y de V; pero no sucede así; pues la cantidad de trabajo que un motor cualquiera puede suministrar en un tiempo dado, siendo necesariamente limitada, está en la naturaleza de las cosas, el que las cantidades P y V tengan entre sí una relacion tal, que la una no pueda aumentar sin que la otra disminuya, y recíprocamente. Verdad que se comprueba constantemente por el exámen atento de la naturaleza de los motores; y que las leyes conocidas de la Mecánica, y las observaciones inmediatas establecen entre dichos factores P y V una relacion por medio de la cual se pueden determinar los valores respectivos de estas dos cantidades para que el producto PV sea un *máximo*. Por ejemplo, si el motor es una corriente de agua, que obra sobre las paletas de una rueda, la presion P, ejercida sobre estas paletas, será en virtud de lo espuesto (49), la mayor posible cuando la rueda se halle inmóvil: entónces la velocidad V siendo nula, lo es tambien la cantidad de accion. Cuando la rueda viene á moverse, las paletas, evadiéndose en parte de la accion del choque de la corriente, la presion P disminuye á medida que V aumenta; y si V viniese á ser igual con la velocidad de la corriente; se tendría $P=0$, y la cantidad de accion comunicada sería tambien nula. Mas entre estos dos límites, existe necesariamente una cierta relacion entre los valores de P y V que hace el producto PV un *máximo*: esta relacion es la que se necesita buscar por la Análisis (§ 564 II T. E.) cuando P es conocida y está espresada en funcion de V, y por la esperiencia cuando no lo es.

150 Frecuentemente ocurren casos en que aumentando la velocidad, y aun creciendo el esfuerzo, se llega á estinguir totalmente el efecto que se deseaba conseguir, y que realmente se logra aplicando una fuerza y velocidad proporcionada. Esto sucede, por ejemplo, al repicar una campana. El efecto, que se trata de producir, es el sonido, á fin de que se haga sentir á la mayor distancia posible; y se verifica lo siguiente. Cuando la campana está parada en su posicion natural, el badajo tiene la direccion vertical. Al ejercer el campanero un impulso para atraer hácia sí la cabeza de la campana y que descienda, el badajo, en virtud de la fuerza de la gravedad, trata de conservar su posicion vertical, y al elevarse la boca, la encuentra el badajo y suena una campanada, que no es fuerte, porque el choque se verifica con poca velocidad. Estando en esta posicion, si el campanero continúa su esfuerzo, llega á colocar la campana en disposicion *empinada*, que es tener la boca hácia arriba y la cabeza abajo. Si continúa dando impulso á la cabeza, el trabajo, que estaba apoyado en un lado de la boca, al llegar á pasar de la posicion vertical, obra en él, ademas de la velocidad que llevaba, comun con la boca de la campana, la fuerza de la gravedad; entónces el badajo se separa del lado en qne se apoyaba por tener mayor velocidad, y llegando á encontrar al otro lado, ántes de obtener otra vez la posicion vertical pero hácia la parte inferior, suena otra campanada, que ya es por lo regular mayor que la primera. Si se continúa dando impulso á la cabeza de la campana, se advierte que los sacudimientos del badajo van siendo mayores y mas frecuentes hasta un cierto tiempo, en que sucede lo contrario, esto es, que los sacudimientos ó campanadas van disminuyendo primero de intensidad, y despues de intensidad y de intérvalo, hasta que llega el caso de que, continuando girando la campana, esta no suena; y siguiendo dando vueltas, produce el mismo efecto que si la campana estuviera en reposo. Si observamos con atencion cuando va aumentando el sonido, se nota que es cuando el badajo llega á sacudir en la campana estando él horizontalmente: porque entónces la choca con toda su fuerza. Si en este estado aumenta la velocidad de la campana, esta va encontrando al badajo en una posicion cada vez mas oblicua; y cuando la velocidad de la campana crece hasta el punto de no dar tiempo suficiente á que la fuerza de la gravedad haga que el badajo corra el espacio que hay hasta llegar al otro borde de la campana, resulta que esta gira sin que el badajo la toque, y no se produzca

sonido, que es lo que los campaneros y muchachos que repican llaman *perder el sonido*.

151 Acerca de los *animales*, que se suelen tambien designar bajo la denominacion de *motores de sangre*, hay un elemento mas que considerar, que es el número de horas del dia, durante las cuales pueden trabajar. Llamando t el tiempo del trabajo diario espresado en segundos, y conservando las denominaciones anteriores, la cantidad de accion diaria se halla espresada por PVt. La observacion enseña tambien en este caso que no se puede aumentar uno de los factores de este producto sin hacer disminuir los otros. Estos factores tienen entre sí relaciones que se pueden descubrir por la esperiencia; y se debe procurar arreglar la accion del animal, de manera que los valores respectivos de P, V y t, den á su producto el mayor valor posible.

Las consideraciones precedentes se aplican tambien aquí á la primera parte PV del espresado producto; porque, si se toma por ejemplo el hombre, que obra sobre una cigüeña, se ve que la mayor presion P, que puede ejercer, se verificará cuando la cigüeña esté en reposo, ó cuando $V=0$; y entónces la cantidad de accion suministrada es nula. A medida que la velocidad V aumenta, el hombre está obligado á emplear una parte de su fuerza en seguir el movimiento del punto sobre el cual obra, y la presion disminuye, de modo, que la velocidad V llegará bien pronto á un término en que el hombre no podrá ya ejercer ninguna presion, y en que toda su fuerza sería empleada en seguir el movimiento de este punto: entónces se tendría $P=0$, y la cantidad de accion sería tambien nula. Entre estos dos límites, en que el producto es nulo, hay necesariamente un término en que los valores de P y de V sean tales que PV sea un *máximo*. Teniendo ahora en consideracion lo que dura el trabajo, se ve, que si el tiempo t fuese de muy corta duracion, el hombre podría ejercer una gran presion y tomar una gran velocidad; pero la cantidad de accion PVt resultaría muy pequeña, por serlo el factor t. A medida que el hombre trabaja mas largo tiempo en el dia, el esfuerzo y la velocidad de que es capaz, disminuirá necesariamente; y si se quisiese, por ejemplo, hacerle obrar las 24 horas del dia; no sería capaz de ningun trabajo, y la cantidad de accion sería tambien nula. Hay, pues, entre estos dos límites en que $t=0$ y en que t es bastante grande, para que $PV=0$, un valor de t propio para hacer PVt el mayor posible, que es el que se debe emplear.

Tales son, pues, los principios, en virtud de los cuales la accion de los motores debe ser aplicada al movimiento de las máquinas. Es necesario arreglar de tal modo la velocidad y la presion, que deben tener lugar en su punto de aplicacion, y la duracion del trabajo diario cuando son animales, que resulte la mayor cantidad de accion posible. Para hacer uso de estos principios en la práctica, sería necesario aun espresar por fórmulas analíticas la relacion de estas tres cantidades. La Mecánica, segun hemos visto (49), suministra en muchos casos algunos recursos para conseguir este efecto respecto de los motores inanimados. Mas, para los animales, no suministra casi ninguno, y hay precision de reducirse á las pocas nociones esperimentales, que se tienen hasta el presente; las cuales, aunque incompletas é imperfectas, es de la mayor importancia su conocimiento. Por esta causa, vamos á insertar aquí todo lo que hasta el dia se conoce acerca del esfuerzo que pueden proporcionar como motores, el *hombre*, el *caballo*, y el *buey*, así como lo que se sabe acerca de la potencia motriz que puede suministrar el *viento*. Lo cual, en vez de separarnos de nuestro principal objeto, que es el agua, nos suministrará los datos indispensables y necesarios para los cálculos relativos á la conduccion de los barcos por los canales y los rios, y para cimentar los medios que propondrémos en el libro 6.° para elevar el agua á cualquiera altura que pueda convenir, satisfaciendo las diversas y multiplicadas necesidades de la Industria y Agricultura. Por todos estos motivos, juzgamos de la mayor importancia el conocimiento de los resultados contenidos en las tres tablas que siguen, acerca de la espresion numérica de las cantidades de accion diarias que pueden proporcionar dichos motores. Repetimos que no tienen todavía la conveniente exactitud; y que deben considerarse como términos medios aproximativos, porque las leyes á que está sometida la accion de los animales no pudiéndose conocer sinó por la observacion, ha mediado poco tiempo desde que los hombres han sustituido este método al de las hipótesis caprichosas y arbitrarias. Por otra parte, la accion de los animales varía en razon de diversas circunstancias, y á pesar de todo, resulta ya de las pocas observaciones que se tienen, un hecho general, á saber: que *la cantidad de accion diaria suministrada por un animal, varía con la naturaleza del trabajo que hace; y trabajos diferentes pueden no causar el mismo grado de fatiga, produciendo la misma cantidad de accion: y aun el que, un mismo grado de fatiga, en el animal, produ-*

ce diferentes cantidades de accion, segun la naturaleza del trabajo á que se aplique.

Esta última verdad es de la mayor importancia para nuestro objeto; pues se verifica una circunstancia muy notable sobre que nadie ha llamado la atencion, y es la siguiente. Un caballo aplicado á conducir géneros por medio de un carruage produciría, en un tiempo dado, la misma ganancia que un buey aplicado á la misma conduccion. Pero aplicado tanto el caballo como el buey á trasportar géneros, conducidos á la sirga por los canales ó los rios, el buey dará, como demostrarémos (§ 223) cerca de dos veces y media la ganancia ó producto que puede proporcionar el caballo, sin ejercer mas fuerza que cuando tira de una carreta. Y como esto es sumamente interesante, ha formado el objeto de mis propias investigaciones para poder insertar tambien en la segunda tabla la cantidad de accion ó el trabajo que pueden hacer los bueyes ó las vacas. Para esto, he llegado á deducir, por un número considerable de observaciones, que dos bueyes ó dos vacas regulares, tirando de un carro ó á la sirga de un barco, ó arando, pueden ejercer un impulso equivalente al de tres caballos ó caballerías de las que en España se llaman *caballerías mayores*; pero su paso regular se debe reputar en los *dos tercios* del paso de dichas caballerías, pudiendo trabajar los bueyes ó las vacas el mismo tiempo de 8 horas en cada dia. Para hacer ver, que en el trasporte de los géneros por medio de carruages, producirá la misma utilidad un buey, ó vaca, que un caballo ó una de dichas caballerías, no tenemos mas que observar, que la conduccion de los géneros se hace por lo regular, estableciendo que se pague una cierta cantidad por arroba y legua. Supongamos que de un parage á otro, que diste 60 leguas, el trasporte se arregle á razon de 8 maravedises por arroba y legua, que es próximamente lo que se paga en España en la actualidad. Y supongamos que tres caballerías mayores puedan conducir 90 arrobas de peso andando 6 leguas al dia. Tardarán 10 dias en andar las 60 leguas; y al fin de este tiempo, habrán ganado el valor de 8 maravedises, multiplicado por el número 90 de las arrobas y por el número 60 de las leguas. Luego habrán ganado en dichos 10 dias 43200 maravedises; resultando una ganancia en cada dia por las tres caballerías mayores de 4320 maravedises; y cada una de ellas ganará por consiguiente al dia 1440 maravedises, que hacen 42 reales y 12 maravedises.

Dos bueyes ó dos vacas podrían conducir las mismas 90 arro-

bas con arreglo á los datos que yo me he podido proporcionar; pero con un paso que sería solo las dos terceras partes de lo que anden las mencionadas caballerías mayores. Y caminando el mismo tiempo durante el dia, solo podrán andar las dos terceras partes de 6 leguas, que serán 4 leguas. Por consiguiente, para andar las 60 leguas necesitarán 15 dias; y en este tiempo habrán producido una ganancia representada por el mismo producto de 8 maravedises por 90 arrobas y por 60 leguas, que es 43200 maravedises; y por consiguiente los dos bueyes ó vacas en cada dia ganarán 2880 maravedises; y cada uno de ellos ganará 1440 maravedises, que hacen los mismos 42 reales y 12 maravedises que ganaba el caballo ó caballería mayor. Y como el buey cuesta ménos que las caballerías mayores, su manutencion es mas módica, y por otra parte; cuando se estropéa ó envejece, da casi el mismo valor en la carne, piel y demas despojos que suministra; y si es vaca, puede reunir ademas la utilidad del becerrillo que puede criar, de la leche, y de la manteca, &c., resulta una ventaja de mucha consideracion al especulador en preferir los bueyes ó las vacas á las caballerías en el trasporte de los géneros por tierra; y como resultan ventajas análogas en emplear los bueyes en el arado y en las demas máquinas, juzgamos que esto será suficiente para que se conozcan las utilidades que pueden resultar de preferir el buey ó la vaca á las mencionadas caballerías; y en su consecuencia que no se reputen por inútiles mis investigaciones en esta parte.

Pero el esfuerzo del buey, empleado tirando á la sirga para trasportar géneros por los canales y por los rios, no solo rinde al especulador la misma ganancia diaria que una caballería mayor, sinó que puede rendir hasta un producto en dinero cerca de dos veces y media mayor que la espresada caballería. Esto acaso podrá reputarse como una paradoja; pero depende de la naturaleza de las cosas, y quedará plenamente demostrado en el (§ 223) de la seccion que sigue de este mismo capítulo. Y estamos seguros de que el empresario, especulador ó propietario, que haga la prueba de emplear bueyes y caballerías mayores en dicho trasporte por agua, sacará un provecho mucho mas lucrativo y ventajoso empleando los bueyes ó las vacas. Con lo cual, se tendrán hechos positivos para convencerse de la utilidad que produce la consideracion de los resultados que contienen las tablas que siguen, y que esto servirá de incentivo para repetir las observaciones y esperimentos, á fin de rectificarlas y determinar valores mas exactos.

TABLA 1.ª *que contiene la cantidad de trabajo dinámico que puede suministrar el hombre.*

Números.	NATURALEZA DEL TRABAJO.	Punto donde se mide el trabajo.	Peso trasportado, ó esfuerzo ejercido, espresado en libras españolas.	Velocidad por segundo en pies españoles.	Cantidad de accion por segundo, ó trabajo dinámico producido en un segundo, espresado en		Duracion del trabajo diario, espresado en horas.	Cantidad de accion diaria, ó trabajo producido en un dia, espresado en		Indicaciones acerca de los observadores ó de los Autores que han citado los resultados. Advertencias particulares.
					Quintales esp. elevados á un pie esp. de altura.	Pies cúbicos esp. de agua elevados á un pie esp. de altura.		Quintales esp. elevados á un pie esp. de altura.	Pies cúbicos esp. de agua elevados á un pie esp. de altura.	
			Lib. esp.	*Pies españoles*	*Quint. × pies.*	*Pies cúbicos de agua × pies.*	*horas.*	*Quintales × pies.*	*Pies cúbicos de agua × pies.*	
1.º	Un hombre andando sobre un camino llano ú horizontal, sin peso ninguno, su trabajo consiste en el trasporte del peso de su cuerpo, y ejerce. .	En su mismo cuerpo.	141,3	5,4	7,630	16,2	10	274680	583200	*Segun Mr. Navier.*
2.º	Un obrero, trasportando materiales en un carreton de dos ruedas, y volviendo de vacío á buscar nueva carga, ejerce. . . .	Sobre los materiales que trasporta.	217,4	1,8	3,913	8,3	10	140868	298800	*Idem.*
3.º	Un obrero, trasportando materiales en una carretilla y volviendo de vacío á buscar nueva carga, ejerce.	Sobre los materiales conducidos.	130,4	1,8	2,347	5,0	10	84492	180000	*Idem.*
4.º	Un hombre, viajando y llevando peso á la espalda ó sobre sus hombros, ejerce. . .	Sobre el peso conducido.	86,9	2,7	2,346	5,1	7	59119	128520	*Idem.*
5.º	Un obrero, trasportando materiales sobre su espalda ó sobre su hombro, y volviendo de vacío á buscar nueva carga, ejerce. .	Sobre el material conducido.	141,3	1,8	2,543	5,4	6	54929	116640	*Idem.*
6.º	Un hombre, subiendo una cuesta ó rampa suave como de un séptimo de inclinacion, ó una escalera, sin peso alguno, su trabajo consiste en la elevacion del peso de su cuerpo, y ejerce. .	Sobre su mismo cuerpo.	140,2	0,5	0,701	1,5	8	20189	43200	*Vallejo, valor deducido por término medio, tomando en consideracion particularmente los resultados de* Mr. Navier *y de* Mr. Hachette.
7.º	Un obrero, levantando pesos por medio de una cuerda que pasa por una poléa fija, lo que le obliga á que la cuerda descienda de vacío, ejerce.	Sobre la cuerda.	39,1	0,7	0,273	0,5	6	5897	10800	*Navier.*

Sigue la tabla 1.ª

8.º	Un obrero, levantando pesos á brazo, ó sosteniéndolos con la mano, ejerce. . . .	Sobre el peso elevado.	43,5	0,6	0,261	0,6	6	5638	12960	*Navier.*
9.º	Un obrero, levantando pesos, conduciéndolos sobre su espalda ó sobre sus hombros por una rampa suave ó una escalera, ejerce.	Id.	141,3	0,1	0,141	0,3	6	3046	6480	*Idem.*
10	Un obrero, aplicado á una rueda de clavijas ó de tambor, sosteniéndose al nivel del eje ó centro de la rueda, ejerce.	Sobre la rueda.	130,4	0,5	0,652	1,4	8	18778	40320	*Idem.*
11	Un obrero, aplicado á una rueda de clavijas ó de tambor, pero colocado en la parte inferior de la rueda, ejerce.	Id.	26,1	2,5	0,652	1,4	8	18778	40320	*Idem.*
12	Un obrero, aplicado á mover una cigüeña, ejerce.	Sobre la cigüeña.	17,4	2,7	0,470	1,0	8	13536	28800	*Idem.*
13	Un obrero, andando y empujando, ó tirando en una direccion horizontal, ya á la sirga para el trasporte de los géneros por los rios y canales, ya en cualquier otro trabajo análogo, ejerce.	Sobre el objeto que empuja ó cuerda de que tira.	26,1	2,2	0,574	1,2	8	16531	34560	*Idem.*

TABLA 2.ª *que contiene la cantidad de trabajo dinámico que puede suministrar el caballo, ó lo que en España se llama caballería mayor, y buey ó vaca.*

Números.	NATURALEZA DEL TRABAJO.	Punto donde se mide el trabajo.	Peso trasportado, ó esfuerzo ejercido, espresado en libras españolas.	Velocidad por segundo en pies españoles.	Cantidad de accion por segundo, ó trabajo dinámico producido en un segundo, espresado en: Quintales esp. elevados á un pie esp. de altura.	Pies cúbicos esp. de agua elevados á un pie esp. de altura.	Duracion del trabajo diario, espresado en horas.	Cantidad de accion diaria, ó trabajo producido en un dia, espresado en: Quintales esp. elevados á un pie esp. de altura.	Pies cúbicos esp. de agua elevados á un pie esp. de altura.	Indicaciones acerca de los observadores ó de los Autores que han citado los esperimentos. Advertencias particulares.
			Lib. esp.	*Pies españoles*	*Quint. × pies.*	*Pies cúbicos de agua × pies.*	*horas.*	*Quintales × pies.*	*Pies cúbicos de agua × pies.*	
1.º	Un caballo, trasportando pesos ó fardos sobre un carro marchando al paso continuamente cargado, ejerce..	Sobre el peso trasportado.	1521,8	4,0	60,872	129,5	10	2191392.	4662000	*Segun Mr. Navier*

Sigue la tabla 2.ª

2.º	Un caballo, tirando de un carruage y marchando al trote continuamente cargado, ejerce.	Sobre el peso trasportado.	760,9	7,9	60,111	127,9	4,5	2163996	4604400	*Segun Mr. Navier.*
3.º	Un caballo, trasportando fardos, pesos ó materiales sobre un carruage al paso y volviendo de vacío á buscar nueva carga, ejerce.	Id.	1521,8	2,2	33,479	71,2	10	1205280	2563200	*Idem.*
4.º	Un caballo, llevando carga sobre su lomo y yendo al paso, ejerce.	Sobre la carga conducida.	260,9	4,0	10,444	22,2	10	375984	799200	*Idem.*
5.º	Un caballo, llevando carga sobre su lomo y caminando al trote, ejerce.	Id.	173,9	7,9	13,738	29,2	7	346198	735840	*Idem.*
6.º	Un caballo regular, puesto al tiro y caminando al paso, ejerce.	Sobre el tiro.	95,9	3,2	3,069	6,5	8	88387	187200	*Vallejo. Valor deducido como término medio tomando en consideracion mas particularmente los resultados de* Mr. Navier, Hachette y Coriolis.
7.º	Un caballo, puesto al tiro, y yendo al trote, ejerce.	Id.	65,2	7,1	4,629	9,8	4,5	74990	158760	*Mr. Navier.*
8.º	Un caballo, puesto al tiro para levantar agua por medio de bombas, ejerce. . . .	Sobre el agua levantada.	71,1	3,2	2,275	4,8	5,5	45045	95040	*Resultado de las observaciones de* Mr. Hachette.
9.º	Un caballo, puesto al tiro para sacar mineral de las minas de Freiberg en Sajonia, ejerce.	Sobre el mineral elevado.	88,9	3,2	2,845	6,4	8	81936	184320	Hachette *citado por Mr. D'Aubuisson.*
10	Un caballo, puesto al tiro para levantar piedras por medio de una cabria, ejerce. .	Sobre el peso elevado.	71,2	3,2	2,278	4,8	8	65606	138240	*Observacion* de Mr. Hachette *citado por* Mr. Coriolis.
11	Un caballo fuerte como los de Inglaterra caminando al paso, ejerce.	Sobre el tiro.	171,4	3,5	5,999	12,8	8	172771	541440	*Segun* Watt *citado por* Mr. Coriolis.
12	El caballo *ficticio* llamado *caballo vapor ó de máquina*, adoptado por la mayor parte de los Mecánicos Franceses como unidad para medir todo efecto continuo de trabajo, ejerce.	Sobre el punto en que obra la fuerza.	..	..	5,850	12,5	24	505440	1080000	*Segun* Mr. Coriolis.
13	Un caballo español ó *caballería mayor* de las que se usan en España, trasportando pesos ó fardos sobre un carro, marchando al paso continuamente cargado, ejerce.	Sobre el peso trasportado.	1450,0	3,5	50,750	107,9	9	1644300	3495960	*Vallejo. Valor deducido de todas las noticias adquiridas en España comparadas con las recolectadas en paises estranjeros.*
14	Un caballo español ó caballería mayor de-									

Sigue la tabla 2.ª

	las que se usan en España, tirando de un carruage y marchando al trote continuamente, ejerce. . . .	Sobre el peso trasportado.	725,0	7	50,750	107,9	4,5	822150	1747980	*Vallejo idem.*
15	Un caballo español ó caballería mayor de las que se usan en España, trasportando pesos, fardos ó materiales sobre un carro, yendo al paso y volviendo de vacío á buscar nueva carga, ejerce.	Id.	1450,0	2,0	29,000	61,7	9,5	991800	2110140	*Idem idem.*
16	Un caballo español ó caballería mayor de las que se usan en España, trabajando como bestia de carga, esto es llevando la carga sobre su lomo, ejerce..	Sobre la carga que lleva.	250,0	3,5	8,750	18,5	8	252000	532800	*Idem idem.*
17	Un caballo español ó caballería mayor de las que se usan en España, empleada como motor en una máquina, ó tirando de un carro ó á la sirga para trasportar géneros por un canal ó rio, marchando al paso, ejerce..	Sobre el tiro.	89,14	3,5	3,120	6,6	8	89827	190080	*Idem idem.*
18	Un caballo español ó caballería mayor de las que se usan en España, empleada como motor en una máquina, ó tirando de un carro ó á la sirga para trasportar géneros por un canal ó rio, marchando al trote, ejerce.	Id.	44,57	7,0	3,120	6,6	4,5	50544	106920	*Idem idem.*
19	Un buey ó vaca, de los que tiran en España de las carretas, ejerce en este trabajo ó arando, ó tirando á la sirga para conducir géneros, frutos, mercancías ó materiales por los rios ó canales.	Id.	133,7	2,333	3,120	6,6	8	89827	190080	*Idem idem.*

TABLA 3.ª *que contiene la cantidad de trabajo dinámico que puede suministrar el viento.*

Números.	INDICACIONES. Para un molino comun de 4 volanderas ó alas, teniendo 36,9 pies españoles de largo, 7,2 pies españoles de ancho, y principiando á estar cubiertas con el lienzo á 7,2 pies españoles del eje.	Punto donde se mide el trabajo.	Trabajo dinámico producido por segundo, espresado en Quintales españoles elevados á un pie español de altura.	Trabajo dinámico producido por segundo, espresado en Pies cúbicos españoles de aguá, elevados á un pie español de altura.	Trabajo dinámico producido en 24 horas, espresado en Quintales españoles elevados á un pie español de altura.	Trabajo dinámico producido en 24 horas, espresado en Pies cúbicos españoles de agua elevados á un pie espaüol de altura.	OBSERVACIONES PARTICULARES.
	Viento fresco.						Todas estas cantidades de trabajo resultan de las observaciones hechas antiguamente por *Coulomb* en los molinos de las cercanías de Lila, que yo he reconocido, y que ha insertado en su obra *Mr. Coriolis.*
1.º	Para una velocidad ó viento de 8,1 pies españoles por segundo.	Sobre el árbol de las alas.	1,950	4,150	168480	358560	
	Viento bueno flojo.						
2.º	Para una velocidad de 14,5 pies españoles por segundo.	Id.	11,544	24,668	997392	2133043	
	Viento bueno fresco mas fuerte.						
3.º	Para una velocidad de 23,3 pies españoles por segundo.	Id.	49,218	104,746	4252435	9050064	
	Brisa fuerte.						
4.º	Para una velocidad de 32,7 pies españoles; pero no teniendo cubiertas con el lienzo sinó 29,8 pies de longitud de las alas, y comenzando siempre á 7,2 pies del eje.	Id.	69,420	147,740	5997888	12764736	
	Viento medio en un año.						
5.º	Considerando el tiempo de calma, y los diferentes vientos.	Id.	16,380	34,860	1415232	3011904	

El conocimiento de la cantidad de accion, que pueden suministrar los motores, es de tal importancia en el dia para las aplicaciones, que á pesar de cuanto tenemos espuesto en nuestra *Mecánica práctica*, en nuestra *Mecánica industrial*, y de lo manifestado en esta obra, juzgamos que no se hace inútil añadir otras reflexiones para que se comprendan mejor las tablas anteriores, y facilitar su uso en las cuestiones prácticas, contrayéndonos especialmente á lo que mas nos interesa, que es lo relativo á nuestro pais.

La cantidad de accion, que uno de nuestros caballos ó caballerías mayores puede ejercer, caminando al paso y yendo al tiro, es por el número 17 de la tabla segunda el mismo que se necesita ejercer para elevar 89,14 libras españolas á 3,5 pies españoles de altura; y quiere decir esta espresion: que *el esfuerzo que puede ejercer uno de nuestros caballos ó caballería mayor, caminando al paso*, equivale á lo mismo que *si tirase de una cuerda que estuviese asegurada en el balancin, y que pasando por una poléa fija, tuviese á su otro estremo un peso de 89,14 libras españolas; y entónces en cada segundo subiría el peso de las 89,14 libras, tres pies y medio, que es lo que dicho caballo ó caballería puede andar en un segundo*. Por la columna 6.ª del mismo número se advierte que esta cantidad de accion equivale á levantar en un segundo de tiempo sexagesimal un peso de 3,12 quintales, ó de 312 libras á un pie español de altura; y si queremos averiguar á cuanto puede ascender la cantidad de accion ó el esfuerzo ejercido en una hora, no tenemos mas que multiplicar el número 312 de las libras que se pueden levantar en un segundo, por 3600 que son los segundos que tiene la hora; y hallarémos que la espresada cantidad de accion en una hora, equivale á elevar 1123200 libras á un pie español de altura.

Hemos dicho ya que los motores de sangre no pueden trabajar de contínuo, sinó una parte del tiempo, reservando otra indispensablemente para comer, beber y descansar. El tiempo que un motor de sangre puede trabajar en las 24 horas, varía, no solo por la diferencia que se nota en las fuerzas de los diversos individuos; sinó que influyen tambien otras muchas circunstancias. Entre estas se puede y debe considerar el tiempo, durante el cual los obreros pueden ejecutar un mismo género de trabajo. Por ejemplo, en las grandes construcciones, se presentan frecuentemente jornaleros empleados en clavar estacas, desecar pantanos, &c. &c., que ejercen esfuerzos considerables, con tal que solo se les empleé uno ó dos dias conti-

nuados en este género de fatiga, y que en el intervalo se empléen en ejercicios ménos penosos. Si se observa lo que pasa al descargar las seras de carbon en Madrid, se verá que un hombre solo sostiene una sera de mas de 30 arrobas; pero es únicamente por un instante, que es el que basta para tenerla sobre sí en cuanto se levante de la carreta, y dar una media vuelta para que, soltándola caiga en el suelo.

El alimento influye mucho tambien sobre la fuerza de los animales; y en fin, la espresada fuerza depende considerablemente de la estacion y del clima; pues *Mr. Coulomb* asegura, por su propia esperiencia, que los hombres, á igualdad de circunstancias, no ejercen en la Martinica, donde el termómetro raras veces baja de 20°, la mitad de la cantidad de accion, de que son capaces en Francia.

Si uno de nuestros caballos ó caballerías, en vez de andar al paso, caminase al trote, y por supuesto al tiro, ya la cantidad de accion en un dia variaría. Y en efecto, por el número 18 de la espresada tabla segunda, se nota que, si bien puede caminar al trote 7 pies por segundo, que es el doble de lo que puede andar al paso, resulta que el esfuerzo 44,57 libras que puede ejercer ó peso que puede levantar, en el supuesto de que al balancin del tiro estuviese atada una cuerda que pasase por una poléa fija y tuviese en el otro estremo dicho peso, es la mitad del 89,14 que podía levantar yendo al paso. El trabajo dinámico ó cantidad de accion ejercida en un segundo, y en una hora será el mismo yendo al paso que yendo al trote; pero no así resulta en la cantidad de accion ó trabajo dinámico que puede hacer al dia, que es lo que se suele llamar *jornal del caballo ó de la caballería*, segun se ve en las columnas 9 y 10 de la misma tabla, comparando los resultados de los números 17 y 18; lo cual proviene de que, andando al paso, puede trabajar 8 horas; y al trote solo puede trabajar unas cuatro horas y media.

Conviene fijar la consideracion en estos resultados; pues son los únicos que pueden guiar á los capitalistas, ó empresarios, para sacar las máximas ventajas en cuanto se propongan especular. Estas mismas reflexiones deben servirnos de norma en todos los casos de la vida civil; pues así como en la Mecánica y en sus aplicaciones, el tiempo es un elemento absolutamente indispensable, como se verá en todas las cuestiones que resolvemos en esta obra, del mismo modo ó de un modo análogo influye el tiempo en todos los demas negocios de la sociedad *; y

* Los ingleses, que deben tomarse por modelo en materias rela-

por no tenerse esto en consideracion, sucede con frecuencia el que ni los particulares ni el Estado sacan ventajas, proporcionadas á los gastos y sacrificios que hacen para gran número de sus empresas ó especulaciones.

De lo que influye la masa de las máquinas sobre sus efectos.

152 En la esposicion rápida, que se acaba de hacer de los principios generales del establecimiento de las máquinas, se ha supuesto, para simplificar, y facilitar las enunciaciones, que los esfuerzos ó presiones ejercidas en los puntos de aplicacion del motor y de la resistencia, eran rigorosamente constantes, y se hacían mútuamente equilibrio. Ha resultado de esta hipótesis, que las cantidades de accion comunicadas en cada instante á la máquina en sentido contrario, destruyéndose mútuamente, marchaba con un movimiento perfectamente uniforme. Esto es lo que sucede efectivamente, al ménos con bastante aproximacion en muchas máquinas, y en este caso la consideracion de sus masas nada influye en sus efectos. Si muchas fuerzas obran sobre un cuerpo ó sobre un sistema de cuerpos, la rapidez con que estos cuerpos cedan á la accion de las fuerzas, y la magnitud de los movimientos que les imprimen, dependerán en general de sus masas; pues que la naturaleza de estos movimientos es siempre tal, que de una posicion á otra del sistema, la suma de las fuerzas vivas aumenta una cantidad igual al duplo de la suma de las cantidades de accion comunicadas (nota del § 127). Pero si las fuerzas tienen valores tales que se hagan mútuamente equilibrio sobre el sistema, lo que supone que es nula ó cero la suma de las cantidades de accion comunicadas en cada instante, entónces la suma de las fuerzas vivas no aumentando ya en el sistema, la masa de los cuerpos no entra para nada en la determinacion de su estado. Este es el del reposo, si se ha dado á las fuerzas desde el orígen ó principio del movimiento los valores que convienen al equilibrio. Es un movimiento uniforme, si habiendo hecho al principio una resistencia menor y la potencia mayor de lo que debían ser, se ha hecho tomar de antemano á la máquina una cierta velocidad, con la cual se deséa que trabaje.

Consideracion del caso en que la velocidad crece y decrece alternativamente.

153 Pasemos ahora á considerar los casos en que las acciones de la resistencia y del motor no son de todo punto constantes; y obser-

tivas á especulaciones, tienen un proverbio, que repiten con frecuencia y equivale á esta sentencia *el tiempo es dinero.*

varémos ante todas cosas, que es necesario escluir aquellos en que estas acciones fuesen enteramente irregulares; porque la máquina no pudiendo entónces tomar una marcha uniforme, no se podría someter á ningun cálculo útil. Se debe, pues, admitir que las variaciones de los esfuerzos del motor y de la resistencia, y de las velocidades de sus puntos de aplicacion, se verifican entre límites fijos, segun leyes constantes, y de una manera periódica, y que sus períodos se corresponden exactamente para el motor y para la resistencia. Este estado de cosas consiste esencialmente en que el esfuerzo del motor viene á ser por una causa cualquiera, conocida ó desconocida, alternativamente mayor y menor de lo que debía ser para equilibrarse con la resistencia; el cual se puede suponer indiferentemente constante ó variable. Examinemos, pues, lo que debe suceder entónces, y supongamos la máquina en el instante en que los esfuerzos de la resistencia y del motor se hacen recíprocamente equilibrio. Si este estado se pudiese perpetuar, el movimiento siempre sería uniforme. Mas, por la hipótesis, el esfuerzo del motor se acrecienta poco á poco, de manera que escede mas y mas al valor que debería tener, para hacer equilibrio al de la resistencia; de modo que la cantidad de accion que imprime en cada instante, escede mas y mas á la consumida por la resistencia. De aquí resulta necesariamente que la velocidad de la máquina se acelera: y mientras la cantidad de accion del motor sea mayor que la consumida por la resistencia, la velocidad de la máquina continuará creciendo, mas ó ménos rápidamente segun que el esceso de la una sobre la otra sea mas ó ménos considerable. Cuando el esceso de la cantidad de accion, comunicada por el motor, sobre la consumida por la resistencia, despues de haber aumentado hasta un cierto punto, venga á ser nulo, es decir, cuando el motor y la resistencia hayan venido á ser susceptibles de hacerse mútuamente equilibrio por medio de la máquina; entónces la velocidad adquirida por esta será la mayor posible, y la conservaría indefinidamente si el motor y la resistencia continuasen haciéndose equilibrio.

Pero si sucede que el esfuerzo del motor disminuye, y que su cantidad de accion instantánea viene á ser mayor que la consumida por la resistencia, entónces la velocidad disminuirá en cada instante una cantidad tanto mayor, cuanto la cantidad de accion consumida por la resistencia sea mayor que la producida por el motor, y no cesará de disminuir hasta que la cantidad de accion suministrada por el motor haya vuelto á tomar un valor igual á la consumida por la re-

sistencia. En este instante, la máquina tendrá la menor velocidad posible, y la conservaría indefinidamente si el motor y la resistencia continuasen haciéndose mútuamente equilibrio. Pero el motor viniendo á sobrepujar de nuevo á la resistencia, como se ha supuesto arriba, la velocidad de la máquina crece de nuevo, y de este modo la espresada velocidad aumenta y disminuye alternativamente oscilando al rededor de un valor medio: la cual permanece constante, si lo es la diferencia que tiene lugar alternativamente en mas y en ménos entre la cantidad de accion del motor y la de la resistencia.

154 Mas cuando *las variaciones de velocidad se verifican por grados insensibles no disminuyen el efecto útil.* Porque mientras que las variaciones de velocidad se hagan por grados insensibles, y sin mudanzas repentinas, ellas no influirán de ninguna manera sobre la magnitud del efecto útil producido por la máquina, comparado con la cantidad de accion suministrada por el motor; y la máquina no trabajará ménos ventajosamente que si su movimiento fuese perfectamente uniforme. Así debe suceder, porque interin aumenta la velocidad, hay una parte de la cantidad de accion suministrada por el motor, empleada inútilmente en producir este acrecentamiento de velocidad, esta parte se halla utilizada cuando la accion del motor viene despues á decrecer; porque la masa de la máquina cooperando, en virtud de la inercia de la materia, á conservar su velocidad actual, la cantidad de accion, que se suministra entónces en el punto de aplicacion de la resistencia, es mayor que la que se gasta en el mismo tiempo por el motor.

155 Otra de las circunstancias que debemos considerar es que *en las variaciones de la velocidad, las ruedas conducen y son conducidas alternativamente.* En efecto, cuando la accion del motor y de la resistencia se sobrepujan así alternativamente, hallándose establecida la comunicacion entre estas dos acciones por una série de engranages, son primero las ruedas sobre que el motor obra inmediatamente, y que están colocadas lo mas cerca posible de su punto de aplicacion, las que conducen á las otras, y las empujan en el sentido en que se ha de verificar el movimiento. Pero si la accion del motor viene á disminuir, son tambien estas mismas ruedas, las que primero se resienten, y las que principian, ántes que las otras, á perder parte de su velocidad. Entónces ellas son conducidas por las ruedas inmediatas al punto de aplicacion de la resistencia, que ántes conducían, hasta que el motor, habiendo vuelto á tomar la ventaja sobre la resistencia, la velocidad del movimiento, despues de haber

disminuido, aumenta de nuevo. Cada vez que la cantidad de accion del motor viene á ser mayor ó menor que la de la resistencia, los dientes, que empujaban á otros por una de sus caras, son ellos mismos empujados por su cara opuesta. Esta mudanza, en razon del juego que es indispensable dejar en los engranages, no puede tener lugar sin un sacudimiento, que es siempre mas ó ménos sensible y perjudicial. De todo esto resulta, que es indispensable disponer los engranages, de modo que cada rueda pueda indiferentemente conducir y ser conducida.

156 Pues que, en muchas ocasiones es preciso que haya estas desigualdades en las acciones del motor y de la resistencia, por su misma naturaleza; es de la mayor importancia el que demostremos *que, dadas las desigualdades en las acciones del motor y de la resistencia, serán tanto menores las variaciones de la velocidad, cuanto mayores sean la masa y velocidad de las partes de la máquina.*

En efecto, conviene mucho examinar el influjo que la disposicion de la máquina puede tener sobre los efectos descritos. Desde luego se nota que el acrecentamiento ó la diminucion que su fuerza viva sufre en un instante, no depende de los valores absolutos de las cantidades de accion suministradas por el motor y la resistencia, durante el mismo instante, sinó solo de la diferencia de estas cantidades de accion, ó del exceso de la una sobre la otra. Considerando ahora esta diferencia, que es el resultado de la desigualdad de la accion del motor y de la resistencia como dada, se deduce que si la masa es conocida, la variacion del cuadrado de la velocidad será tanto menor, cuanto la masa sea mayor; y si la masa y la velocidad son dadas, la variacion de la velocidad será tanto menor cuanto la masa y la velocidad sean mayores.

157 Tal es, pues, el resultado de este exámen: en las máquinas en que las acciones del motor y de la resistencia son intermitentes, y no se hacen constantemente equilibrio, el movimiento no es uniforme; la velocidad de las partes móviles de la máquina varía, y, á igualdad de circunstancias, la magnitud de estas variaciones es en razon inversa de la masa y de la velocidad de estas mismas partes.

158 De todo lo cual debemos inferir que, *en general, las variaciones de la velocidad, en todo género de máquinas, se deben hacer lo menores que se pueda.* Porque, en la mayor parte de las máquinas, las variaciones de velocidad ofrecen inconvenientes, ya

porque la naturaleza del trabajo, que ellas tienen que hacer, exige una velocidad constante en el punto de aplicacion de la resistencia, ya porque, en razon del juego que es necesario siempre dejar en los engranages, ó en general en los contactos de las diversas piezas, es imposible que las variaciones de velocidad se hagan siempre rigorosamente por grados insensibles, como sería necesario para que no hiciesen perder ninguna cantidad de accion de la suministrada por el motor. Sin embargo, sucede muy frecuentemente, que la accion del motor es mas ó ménos desigual, y muchas veces tambien que esta accion, que por sí misma podrá ser igual, viene á ser desigual por el modo de trasmitirla; y aunque la Geometría, aplicada á la composicion de las máquinas, suministra ordinariamente recursos para remediar estos inconvenientes, los medios, que se pueden emplear para este efecto, son casi siempre demasiado complicados para poderse adoptar con ventaja, sobre todo en las grandes máquinas, donde se ejercen poderosos esfuerzos. Esto se consigue mucho mejor, dando á las partes de la máquina, conforme á los principios que se acaban de esponer, mucha masa y velocidad, de manera que las variaciones del movimiento se hagan estremamente débiles y casi insensibles.

159 Pero el aumentar la masa y la velocidad de las partes móviles, esenciales á la máquina, podría ocasionar á veces graves inconvenientes: por lo cual se han ideado otros medios mas eficaces y oportunos, y son los *volantes*, *los reguladores ó gobernadores*, *y el péndulo cónico empleado como regulador*, de los que vamos á tratar.

Se llama volante por lo general á una parte móvil agregada á la máquina, destinada únicamente á regularizar su movimiento. Las consideraciones precedentes convienen especialmente á las máquinas de rotacion, sobre cuyo eje sucede rara vez que el motor obre de un modo perfectamente uniforme; y en este caso se montan unas grandes ruedas llamadas *Volantes*, que producen, en virtud de lo que se acaba de esponer, tanto mas efecto: 1.° cuanto su peso sea mayor; 2.° cuanto la materia de que se forma esté mas reunida cerca de la circunferencia esterior, pues que entónces, á velocidad de rotacion igual, la velocidad efectiva de sus partes será mayor. Por este medio adaptando volantes suficientemente grandes á las máquinas, se consigue regularizar hasta el punto que se puede apetecer, la accion mas desigual. Pero no se debe inferir que estos volantes puedan aumentar en nada la cantidad de accion trasmitida por la máquina.

Su verdadera y única funcion es absorver y retener, conservar ó almacenar el esceso de la cantidad de accion suministrada por el motor en el momento en que ella escede á la que la resistencia consume para restituir despues este esceso, en el momento en que la cantidad de accion suministrada por el motor viene á ser al contrario menor que la gastada en el punto de aplicacion de la resistencia.

160 Se debe advertir, que si el volante se halla destinado principalmente para regularizar el movimiento, es conveniente colocarle cerca del punto de aplicacion de la resistencia; y que si tiene por objeto principal el regularizar la accion del motor, es conveniente, al contrario, colocarle cerca del punto de aplicacion de este último. En el caso de haber ejes, cuyas velocidades de rotacion sean diferentes, se deben colocar de preferencia los volantes sobre aquel eje que se mueva mas velozmente. Y si por inadvertencia ó casualidad se equivocase la colocacion del volante, se percibe con facilidad que se duplicarían los inconvenientes, y podría suceder que se inutilizase la máquina. Lo cual prueba la necesidad que hay de atender á lo que esponemos en este capítulo: mayormente entre nosotros, que siendo nacientes las aplicaciones de la Mecánica á los diferentes ramos de industria, si una máquina, por descuido en su construccion ó colocacion de alguna de sus piezas, no produjese el efecto deseado, se desacreditaría enteramente la ciencia, y se imposibilitaría su propagacion con perjuicios conocidos de la prosperidad del Estado.

La colocacion de los volantes es casi de absoluta necesidad en los martinetes, para la elaboracion del fierro, cobre, laton, plomo &c.; pues que en todo este género de trabajos la resistencia obra alternativamente; esto es, no hay resistencia sinó cuando una aleta se presenta para hacer que el mazo, maza ó gran martillo se levante; y todo el tiempo que pasa entre dos elevaciones sucesivas del martillo, no hay resistencia de ninguna especie. Sin embargo, hemos visto con dolor en todas las ferrerías de las Provincias Vascongadas que hemos reconocido, que no hacen uso alguno de volantes: lo cual es una de las causas para que hagan ménos obra, y gasten mas.

161 Los volantes, de que acabamos de hablar, son adecuados para regularizar el movimiento de una máquina, solo en los casos en que la accion del motor es intermitente, es decir, ya mayor, ya menor que la de la resistencia. Pero si se recelase que el motor, habiendo sobrepujado una vez la resistencia, continuase indefinidamente suministrando una cantidad de accion mayor que la consumida por la resistencia, el volante nada remediaría; porque tomaría en-

tónces, así como el resto del sistema, un exceso de velocidad cada vez mas considerable, y capaz de causar graves accidentes, ó aun la destruccion de la máquina. Para prevenirlos, se empléan disposiciones, tales que, al instante que la velocidad viene á esceder al valor medio que se le ha fijado, la cantidad de accion suministrada por el motor se halla disminuida, ó aumentada la cantidad de accion consumida por la resistencia: lo cual hace que la velocidad vuelva inmediatamente á dicho valor medio. Para conseguir este objeto, se han adaptado algunas veces á la máquina, ciertas piezas en forma de alas, que hace mover en el aire, donde sufren una resistencia, que aumentando rápidamente con la velocidad, disminuyen el esceso del movimiento de la máquina; otras veces se coloca un *freno*, que se hace comprimir contra una rueda para detenerla por el rozamiento. Pero estos medios, y otros que les son análogos, tienen el inconveniente de consumir una parte de la cantidad de accion suministrada por el motor, y al presente son preferidos los *reguladores*, cuyo principio consiste en el aparato conocido bajo el nombre de *péndulo cónico*. Su utilidad es tan grande, y su aplicacion tan general, y de una trascendencia tan estraordinaria, que me parece indispensable presentar aquí en pocas palabras su teoría, reservando para despues (374) el hacer de él las oportunas aplicaciones para regularizar la potencia motriz del agua.

162 Al estremo superior A del eje vertical AB (fig. 39 lám. 4) están fijas dos varillas Ac, Ac' por medio de un pasador horizontal, que atraviesa el eje y las varillas, y sobre el cual pueden ellas girar libremente. Otras varillas BD, BN están fijas del mismo modo á las primeras, y sostienen en su estremo inferior un anillo ó argolla, que abraza al eje AB, á lo largo del cual sube ó baja, segun que el ángulo cAB se abre mas ó ménos. Si se supone ahora este aparato, adaptado á una máquina que comunique al eje AB y á las varillas que él lleva, un movimiento de rotacion, los pesos c, c' en virtud de la fuerza centrífuga, que resulta de este movimiento, (§ 421 Mec.) propenderán á elevarse, y á elevar el anillo B; y como la fuerza centrífuga es proporcional (§ 422 Mec.) al cuadrado de la velocidad, se concibe que este ascenso vertical del anillo B, que resulta de un aumento en la velocidad, puede ser empleado para moderar la accion del motor; por ejemplo, en las máquinas de vapor, para cerrar la válvula que da paso al vapor; en las ruedas hidráulicas, para cerrar la compuerta del orificio que suministra el agua á la rueda, &c. Sr se quiere aplicar ahora el cálculo á este

aparato, á fin de poder hacer el uso conveniente en la práctica, observarémos, que, prescindiendo para mayor sencillez de la masa de las varillas, solo tendrémos que considerar la de los cuerpos c, c', y se notará, que llamando t el tiempo que dura una revolucion del eje, la velocidad de estos cuerpos que, en virtud de lo espuesto (§ 301 Mec.) es la circunferencia que describen los cuerpos dividida por el tiempo, estará representada (§ 347 I C) por $\frac{2\pi.cE}{t}$; y por consiguiente (§ 322 Mec.) su fuerza centrífuga lo estará por $\frac{4\pi^2cE}{t^2}$. Pero estos cuerpos, sometidos á la accion horizontal de la fuerza centrífuga, y á la accion vertical de la gravedad g, se colocan necesariamente en una situacion tal, que la resultante de estas dos fuerzas se halle en la direccion de las varillas Ac, Ac', que sostienen el anillo. De donde se sigue que la relacion de la fuerza de la gravedad á la centrífuga es la de AE á cE; de modo que $g : \frac{4\pi^2.cE}{t^2} :: AE : cE$; lo que da $\frac{gt^2}{4\pi^2cE} = \frac{AE}{cE}$; de donde $t = 2\pi\sqrt{\frac{AE}{g}}$. Este resultado nos dice que *el tiempo de la revolucion del péndulo cónico depende únicamente de la distancia vertical de los cuerpos* c, c′ *al punto de suspension* A; y comparando esta fórmula con la obtenida (ec. 545 § 436 Mec.), se deduce tambien que *dicho tiempo es duplo del de las pequeñas oscilaciones de un péndulo simple de que esta distancia fuese la longitud.* Conocida por este medio la relacion entre la velocidad de rotacion del eje AB, y la altura á que permanecerán los cuerpos c, c', se podrá siempre conocer la posicion del anillo B correspondiente á una velocidad dada, y arreglar los efectos que el motor de este anillo debe producir, en el momento de las variaciones de velocidad que puedan sobrevenir á la máquina.

Sobre la forma y dimensiones de los ejes y de sus gorrones.

163 Los ejes de las grandes ruedas se hacen ó de madera ó de fierro. El objeto mas importante es fijar los gorrones bien sólidamente á los ejes. La mejor disposicion adoptada hasta estos últimos

tiempos consistía en el gorron indicado (figs. 40 y 41 lám. 1). Había precision, para hacerle entrar en la madera, de quitar la porcion *ADE*, que se reemplaza por un pedazo que se le vuelve á poner. El estremo del eje está despues cubierto por un anillo, cerco, ó aro, y se ponían cuñas en él, para que el gorron estuviese perfectamente apretado ó sujeto.

En la actualidad se sustituyen con ventajas á este género de gorrones, otros que se ejecutan de fierro fundido (figs. 42 y 43 lám. 1). La parte que entra en la madera, tiene la forma de una cruz, y de este modo resulta la madera mas sólida, entera y resistente, quedando los gorrones mas asegurados. La fig. 44 indica un gorron de este género; pero colocado con un anillo ó abrazadera, que reemplace á la de fierro forjado, de que es necesario esté guarnecido el estremo del eje.

164 Las figs. 45 y 46 representan un eje de fierro fundido para las grandes ruedas. Se hace de tres partes, el cuerpo y los dos gorrones. Estos últimos están torneados, y deben entrar bien ajustados en los estremos del eje, los cuales están perforados y torneados para recibirlos. Se sujetan con pernos ó clavijas, que pasan á través de los rebordes. El cuerpo del eje lleva pequeñas partes salientes que sirven para detener los rayos de la rueda.

165 El empléo de un cilindro hueco es muy conveniente para los grandes ejes; porque esta forma es la que, con la menor materia, ofrece mas fuerza y menor flexibilidad. Pero diversas circunstancias, y particularmente la dificultad de fundirlos bien, impiden emplear ejes huecos de pequeñas dimensiones. Se adoptan frecuentemente los que tienen la forma de la (fig. 47), á que llaman los Ingleses (*feathered shafts*), y los Franceses (*emplumés*), á causa de la semejanza que guardan con una flecha (*shaft*), y cuyas diferentes secciones están representadas por las (figs. 48, 49 y 50 lám. 1). *Mr. Robertson Buchanan* observa, que estos ejes, muy adecuados para sostener presiones, resisten con ménos ventaja á los esfuerzos que cooperarían á torcerlos, y que la falta de materia entre los lados ó plumas los espone á un temblor ó estremecimiento contínuo; por lo cual dicho Autor aconseja conservar al cuerpo del eje un diámetro al ménos igual al de sus gorrones, y no añadir plumas sinó hácia el medio, únicamente para prevenir la flexion. Él piensa por otra parte que la forma cuadrada (figs. 51 y 52) que se ejecuta mas fácilmente, se halla en la práctica, la mas ventajosa de cuantas se han ensayado.

Del grueso que se debe dar á los gorrones, con relacion á los esfuerzos que han de sostener.

166 Los gorrones, sobre que se apoyan los ejes de las ruedas, ó en general de todas las piezas de las máquinas, pueden hacerse de fierro fundido ó de fierro forjado; y como pueden estar sometidos á esfuerzos de presion ó de torsion, debemos considerar separadamente cada uno de estos casos.

Mr. Robertson Buchanan ha tenido la feliz ocurrencia de comparar el peso de diversas ruedas con el grueso dado á sus gorrones en muchos molinos bien ejecutados; y despues de un prolijo exámen, deduce como regla susceptible de emplearse con seguridad en la práctica: que *la raiz cúbica del peso de una rueda espresado en quintales ingleses, es casi igual al diámetro que, para sostenerla, debe tener su gorron, espresado en pulgadas inglesas, y hecho de fierro fundido.* Por manera, que llamando p el peso de la rueda, espresado en quintales ingleses, y d el diámetro de los gorrones, espresado en pulgadas inglesas, se tiene $d=\sqrt[3]{p}$. Para reducir esta fórmula al sistema de pesas y medidas españolas, observarémos que la pulgada inglesa equivale (§ 153 I T. E.) á 1,0939 pulgadas españolas; y el quintal ingles á 110,3824 libras españolas ó á 1,103824 quintales españoles. De aquí resulta que, si suponemos espresado el diámetro d en pulgadas españolas, y p en quintales españoles, deberémos tener $1,0939\,d=\sqrt[3]{1,103824\times p}$; estrayendo la raiz cúbica del número 1,103824 y dividiendo el resultado por 1,0939, sacamos $0,9447\sqrt[3]{p}$ (*a*).

La regla dice *casi igual*, porque conviene hacer los gorrones un poco mayores de lo que indica el resultado del cálculo, tanto para obtener mas seguridad, como en atencion á que, al usarse, disminuyen de grueso. Debiéndose tener presente que importa mucho no dar demasiada longitud á los gorrones; que se deben colocar exactamente en el eje de las ruedas; y que cuando los ejes se hacen de madera, conviene tornear de nuevo los gorrones, despues que se han fijado á las ruedas.

167 En virtud de los resultados del Profesor *Robison* (*Enciclop. britan. art. strength of matherials*), la fuerza de cohesion de la fundicion de fierro y la del fierro forjado, están en la relacion de 2 á 3; y *Mr. Robertson Buchanan* habiendo comparado por

esperimentos especiales, las resistencias de los gorrones fundidos y forjados, ha encontrado que estaban sobre poco mas ó ménos en la razon de 9 á 14, que difiere poco de la precedente. En virtud de esto, si se quiere que la fórmula anterior convenga á los gorrones, hechos de fierro forjado, es necesario escribir

$$d=0,9447\sqrt[3]{\frac{9}{14}.\,p}=0,815\sqrt[3]{p}\ (b).$$

168 Las fórmulas precedentes dan el diámetro que conviene á cada uno de los gorrones de un eje sobre el cual se ejerce un esfuerzo perpendicular p, suponiendo que este esfuerzo se halla igualmente repartido entre los dos gorrones: y que cada uno de estos sostenga la mitad del espresado peso p, como se verifica en las (figs. 21 y 25 lám. 4); en las cuales la rueda se halla en medio de la distancia.

Pero, en muchos casos, la rueda ó el peso que carga sobre los gorrones dista desigualmente de estos como representa la (fig. 53 lám. 1). En este caso es necesario calcular, por separado, las presiones que sostiene respectivamente cada gorron. Estas presiones, en virtud de la doctrina de las fuerzas paralelas, y de la palanca (§§ 67 y 230 Mec.), y teniendo en consideracion que el efecto de la fig. 53 que viene á estar representada por la (fig. 54 lám. 1), se podrán calcular por la siguiente regla práctica: *para encontrar la presion que sufre un gorron, se multiplicará el peso por la distancia de su centro de gravedad al punto de apoyo del otro gorron, y el producto se divirá por la distancia de los puntos de apoyo de los gorrones.*

Aclaremos esto por un ejemplo. Supongamos que el peso de la rueda (fig. 53 lám. 1) sea de sesenta quintales; que la distancia de los puntos de apoyo A y B de los gorrones, al rededor de los cuales gira la rueda, sea de 12 pies; y que el centro de gravedad de toda la masa que gira, diste de un gorron tal como el A, 3 pies, y 9 del otro B. Para determinar la presion ó esfuerzo que ejerce el gorron A, mas próximo al espresado centro de gravedad, multiplicaré los 60 quintales por 9, distancia de dicho centro al punto de apoyo B del otro gorron, y el producto 540 lo dividiré por 12, distancia que hay entre los puntos de apoyo A y B de los dos gorrones; el cociente 45 quintales espresará la presion que sufre ó el peso que sostiene el gorron, cuyo punto de apoyo A solo dista 3 pies del espresado centro de gravedad P de toda la masa que gira.

Para encontrar la presion que sufre, ó el peso que sostiene el gorron, cuyo punto de apoyo B dista del mencionado centro de gravedad 9 pies, multiplicaré el peso 60 quintales por 3, distancia del centro de gravedad al punto de apoyo del otro gorron; el producto 180 lo dividiré por 12, distancia de los dos apoyos; y el cociente 15 quintales espresará el peso que sostiene el gorron, cuyo punto de apoyo B dista 9 pies del centro de gravedad de la masa que gira.

En rigor, no era necesario hacer este segundo cálculo, pues que, habiendo hallado el peso 45 quintales que sostiene el un gorron, no hay mas que restar estos 45, de 60; y la diferencia 15 quintales espresará el peso que debe sostener el otro gorron; pero hemos querido hacerlo directamente para comprobar al mismo tiempo la exactitud de la regla.

Los diámetros de estos gorrones se determinarán por la fórmula (ec. *a*) del párrafo (166) si los gorrones han de ser de fierro fundido, ó por la (ec. *b* § 167) si han de ser de fierro forjado, suponiendo en vez de p el duplo de cada uno de estos pesos ó presiones.

Así es, que suponiendo que el gorron sea de fierro forjado, sustituirémos en la (ec. *b*) 90 quintales (duplo de 45) en vez de p, lo que nos dará 3,6675 pulgadas españolas para el diámetro del gorron mas grueso, que es el que tiene su punto de apoyo en A, 3 pies distante del centro de gravedad de la masa que gira.

Sustituyendo 30 quintales (duplo de 15), en vez de p en la misma fórmula, se obtiene 2,5265 pulgadas españolas para el diámetro del gorron, cuyo punto de apoyo B dista 9 pies del espresado centro de gravedad.

Si supusiéramos que el centro de la masa estaba en el medio de la distancia, sustituyendo 60 en vez de p en la misma fórmula (ec. *b*), tendríamos 3,1785 pulgadas españolas para el diámetro de cada gorron: valor que se halla entre los 3,6675 y 2,5265, como debía ser. De estos valores, el correspondiente al gorron que ha de sostener el esfuerzo de 15 quintales, se halla en la tabla primera (§ 179) en frente del número 30 quintales con toda exactitud; y lo mismo sucedería en los demas si la tabla estuviese mas prolongada.

169 La resistencia de un gorron ó eje á la torsion, á igualdad de las demas circunstancias, es, así como su resistencia á la rotura, proporcional al cubo de su diámetro; y la fuerza que coopera á torcerle es en razon directa de la cantidad de accion trasmitida por la máquina, y en razon inversa de la velocidad de rotacion del eje, ó del número de vueltas que hace en un tiempo dado. De

aquí se infiere, que llamando q la cantidad de accion trasmitida en un tiempo dado, como por ejemplo en un minuto, n el número de vueltas que el eje ó gorron hace en el mismo tiempo, y d el diámetro de los gorrones, se tiene para espresar el grueso que debe tener un gorron ó eje para resistir á la torsion, la relacion

$d = \sqrt[3]{k.\frac{q}{n}}$ (c), siendo k un número constante, que conviene determinar por la esperiencia.

170 El Autor citado ántes, en virtud de diversas observaciones sobre máquinas ejecutadas, ha reconocido que el número k debía tener valores numéricos diferentes, segun las circunstancias en que se hallaba colocado el eje, y las funciones que debía ejercer. Suponiendo la cantidad de accion q valuada en la de un caballo (*horse power*), y el diámetro d en pulgadas inglesas, el resultado de sus observaciones le conduce; 1.º para los gorrones de los ejes de los volantes de las máquinas de vapor (donde la potencia es moderada) á suponer $k=400$; 2.º para los gorrones de los ejes de las ruedas de agua, ú otras que sostienen una carga considerable $k=200$; 3.º en las partes ordinarias interiores de los molinos $k=100$.

171 Para traducir ahora estos valores, en otros que se adapten á las pesas y medidas españolas, observarémos que *Mr. Robertson Buchanan* no espresa, en su *ensayo* sobre *the shafts of mills*, el valor numérico que adopta para la accion del caballo; y se refiere á otra obra suya intitulada *An Essay on the teeth of wheels. Mr. Navier* no habiendo podido consultar esta última obra, toma para la accion de un caballo en un minuto, 20000 *libras avoir-du-poids elevadas á un pie ingles*; y en este supuesto hace la reduccion á las medidas y pesas francesas; pero habiéndome yo proporcionado la mencionada obra, se ve en ella pág. 131, que *Mr. Buchanan* dice que el verdadero valor de la unidad de medida llamada *horse 's power* se debe reputar en 33000 libras *avoir du pois elevadas á un pie inglés en un minuto*. Y nosotros, para reducir dicha fórmula (ec. c) á nuestras pesas y medidas, observarémos que como la libra *avoir-du-poids*=0,98556 de la española; y el pie inglés=1,0939 pies españoles, si queremos espresar el valor de q en quintales españoles elevados á un pie español de altura, deberémos dividir k

$$\text{por } \frac{33000 \times 0{,}98556 \times 1{,}0939}{100} = 355{,}77.$$

Si se quisiere despues que el número d en el primer miembro de la ecuacion anterior quede valuado en pulgadas españolas, en lugar de serlo en pulgadas inglesas, será necesario multiplicar k por el cubo de 1,0939; de modo que el número por el cual se deberán multiplicar los valores de k puestos arriba es definitivamente

$$\frac{(1{,}0939)^3}{\frac{33000 \times 0{,}98556 \times 1{,}0939}{100}} = 0{,}003679.$$

Así, suponiendo en la fórmula (ec. c), que el diámetro d del gorron se halla espresado en pulgadas españolas, y por q la cantidad de accion trasmitida, espresada en quintales españoles, tendrémos que el valor de k en los tres casos anteriores de ser 400, 200 y 100, se nos convertirá; en el primer caso, en 1,4716; en el segundo, en 0,7358; y en el tercero, en 0,3679.

Por consiguiente, la (ec. c) nos dará en cada uno de estos tres casos

$$d = \sqrt[3]{1{,}4716 \frac{q}{n}} \; (d); \quad d = \sqrt[3]{0{,}7358 \frac{q}{n}} \; (e); \quad d = \sqrt[3]{0{,}3679 \frac{q}{n}} \; (f).$$

172 Si estas fórmulas, que corresponden al fierro fundido, se quieren hacer convenir al fierro forjado, será necesario, como se ha hecho arriba, reducir el esfuerzo que se puede ejercer en la relacion 9 : 14. Multiplicando, pues, los números constantes, que hay debajo del radical de las tres fórmulas anteriores, por $\frac{9}{14}$, se nos convertirán en las que corresponden al fierro forjado; y serán

$$d = \sqrt[3]{\left(1{,}4716 . \frac{9}{14} . \frac{q}{n}\right)} = \sqrt[3]{\left(0{,}946 . \frac{q}{n}\right)} \quad (g).$$

$$d = \sqrt[3]{\left(0{,}7358 . \frac{9}{14} . \frac{q}{n}\right)} = \sqrt[3]{\left(0{,}473 . \frac{q}{n}\right)} \quad (h).$$

$$d = \sqrt[3]{\left(0{,}3679 . \frac{9}{14} . \frac{q}{n}\right)} = \sqrt[3]{\left(0{,}237 . \frac{q}{n}\right)} \quad (i).$$

De la forma y grueso que se debe dar á los cuerpos de los ejes.

173 Cuando los ejes, ya sean de fierro fundido, ya de fierro forjado, solo han de sostener su propio peso, *la esperiencia prueba que basta siempre dar á su seccion perpendicular, la forma de un cuadrado, cuyo lado es igual al diâmetro de sus gorrones, ó le escede muy poco.* Esto basta aun en el caso en que los ejes sostienen cargas considerables, cuando son cortos, ó que los puntos de aplicacion de estas cargas se hallan situados cerca de sus estremos. Se entiende por un eje *corto*, aquel cuya longitud no escede á diez ó doce veces su grueso; y la regla precedente se puede aplicar á este límite. Cuando debe ser mayor la longitud del eje, lo mejor que se debe hacer es engruesarle en el punto en que se ejerce el esfuerzo perpendicular, disminuyendo el grueso desde este punto hasta los estremos, segun una curva convexa regular.

174 En cuanto á lo que el eje debe ser engruesado en el parage en que la carga, que sostiene, coopera á romperle, es necesario observar que los ejes deben reunir dos cualidades igualmente necesarias, pero que dependen de elementos algo diferentes. Es necesario, en efecto, que no puedan *romperse* ni *doblarse*, bajo la accion de la fuerza perpendicular que obra sobre ellos. Para conseguir esto, *Mr. Navier* deduce pág. 490 de la obra de *Belidor*, que si l representa la longitud de un eje cargado en su medio, y d el diámetro de sus gorrones, calculado en virtud de las reglas anteriores, y l no escede á 12 d, bastará hacer este eje cuadrado, dándole por todas partes un grueso igual á d; sobre cuyo punto debemos advertir que una barra cuadrada ofrece la misma rigidez ya se aplique en el sentido de un lado de su base, ya en el de su diagonal. Pero si l es mayor que 12 d, se proporcionará á este eje la misma fuerza ó la misma resistencia á la rotura, dándole en el medio de su longitud un grueso $= d\sqrt[3]{\frac{l}{12d}}$ (j); y se le proporcionará la misma rigidez ó la misma resistencia á la flexion, dándole en el medio un grueso $= d\sqrt[4]{\left(\frac{l}{12d}\right)^3}$ (l).

175 Si el eje no está cargado en el medio de su longitud, será

necesario como se ha visto (168), determinar separadamente los esfuerzos sostenidos por cada gorron, y los diámetros que cada uno de ellos deberá tener.

176 Hemos dicho (165) que era conveniente emplear tubos de fundicion para formar los ejes de las grandes ruedas. Se podrían tambien engruesar hácia el medio; pero se prefiere conservarles un gran diámetro en los estremos, lo que permite sujetar á ellos sólidamente los gorrones.

177 Respecto de los ejes de madera, *Mr. Robertson Buchanan*, admite que la resistencia del roble á la rotura es, á dimensiones iguales, $\frac{1}{4}$ de la de la fundicion de fierro, y que la del pinabete es solamente el $\frac{1}{5,5}$. Así habiendo calculado, en virtud de lo que precede, el grueso que se debe dar á un eje de fierro fundido; en el punto de aplicacion de la carga, será necesario aumentarla en la relacion $\sqrt[3]{4} : 1 = 1,587$ para un eje de roble: y en la relacion $\sqrt[3]{5,5} : 1 = 1,765$ para un eje de pinabete.

178 El Autor compara en una tabla las dimensiones que resultan de las reglas precedentes con las dadas á diversos ejes espuestos á presiones considerables, y á esfuerzos de torsion en muchos molinos ejecutados por un hábil constructor (*Essay on the shafts of mills* pág. 129). Esta comparacion manifiesta que dichas reglas se pueden emplear con seguridad en la práctica. *Mr. Navier*, al ocuparse de este mismo punto (pág. 491 de Belidor) dice «Puede ser que siguiendo estas reglas en Francia fuese necesario tener en consideracion que la fundicion de fierro, segun la opinion general, es un poco inferior á la fundicion inglesa."

En España no se tiene noticia de que se haya comparado la resistencia de nuestra fundicion de fierro con la de las demas Naciones; pero teniendo presente que el fierro forjado de España resiste mas que todos los fierros conocidos en el mundo, y aun que el que resulta forjando los clavos de herraduras segun los esperimentos de *Muschembroek*, no nos escederémos en decir, que probablemente nuestra fundicion de fierro resiste mas, ó al ménos tanto como la inglesa.

Acerca de las maderas, la España posée con mucha abundancia algunas especies de que se carece en el estrangero y que resisten

mas, á saber: la *encina*, el *olivo*, el *moral*, el *enebro*, &c.; siendo estos dos últimos los mas adecuados para las construcciones donde hay agua, como los aguadores de las norias, &c. &c.

179 Todas las fórmulas, que hemos deducido desde el (§ 166) exigen que se sepa estraer la raiz cúbica, escepto la (*l*) que exige la estraccion de la raiz cuarta; nosotros hemos prometido repetidas veces, que todas las reglas prácticas las pondríamos de modo que se puedan poner en ejecucion por los que solo hayan estudiado nuestra *Aritmética de Niños*, que no contiene la extraccion de dichas raices; por lo que, á fin de cumplir nuestra promesa, dirémos que, para conseguir dicho objeto, se pueden seguir dos rumbos; ó el practicado (§§ 130, 140, 141 y 142 del libro 3.º), ó calcular dichas fórmulas en tablas; y siendo este método el mas útil y sencillo en las aplicaciones, hemos calculado dichas fórmulas en las tablas siguientes.

TABLA PRIMERA *que contiene las dimensiones, que deben tener los gorrones de los ejes, ó los mismos ejes cuando su longitud no escede á doce veces su diámetro, si son cilíndricos, ó el lado de su seccion, si esta es un cuadrado, ya se hagan de fierro fundido, ya de fierro forjado, ya de pinavete, ya de madera de roble, para sostener un peso en su medio sin romperse.*

Siendo el peso que sostiene el eje.	Corresponde al diámetro del gorron en pulgadas y líneas españolas.							
	Cuando es de fierro fundido.		Cuando es de fierro forjado.		Cuando es de madera de pinabete.		Cuando es de madera de roble.	
Quint.[s] esp.[s]	Pulg.[s] y líneas.		Pulg.[s] y líneas.		Pulg.[s] y líneas.		Pulg.[s] y líneas.	
1	0 p.da y	11 l.s	0 p.da y	10 l.s	1 p.da y	8 l.s	1 p.da y	6 l.s
2	1	2	1	0	2	1	1	11
3	1	4	1	2	2	5	2	2
4	1	6	1	4	2	[illegible]	2	5
5	1	7	1	5	2	10	2	7
6	1	9	1	5	3	0	2	9
7	1	10	1	7	3	2	2	10
8	1	11	1	8	3	4	3	0
9	2	0	1	8	3	6	3	1
10	2	0	1	9	3	7	3	3
11	2	1	1	10	3	8	3	4
12	2	2	1	10	3	9	3	5

Sigue la Tabla primera.

13	2 p.das	3 l.s	1 p.da	11 l.s	3 p.das	11 l.s	3 p.das	6 l.s
14	2	3	2	0	4	0	3	7
15	2	4	2	0	4	1	3	8
16	2	5	2	1	4	2	3	9
17	2	5	2	1	4	3	3	10
18	2	6	2	2	4	4	3	11
19	2	6	2	2	4	5	4	0
20	2	7	2	3	4	6	4	1
21	2	7	2	3	4	7	4	2
22	2	8	2	3	4	8	4	2
23	2	8	2	4	4	9	4	3
24	2	9	2	4	4	10	4	4
25	2	9	2	5	4	10	4	5
26	2	10	2	5	5	11	4	5
27	2	10	2	5	5	0	4	6
28	2	10	2	6	5	1	4	7
29	2	11	2	6	5	1	4	7
30	2	11	2	6	5	2	4	8
31	3	0	2	7	5	3	4	9
32	3	0	2	7	5	4	4	9
33	3	0	2	7	5	4	4	10
34	3	1	2	8	5	5	4	10
35	3	1	2	8	5	5	4	11
36	3	1	2	8	5	6	4	11
37	3	2	2	9	5	7	5	0
38	3	2	2	9	5	7	5	0
39	3	2	2	9	5	8	5	1
40	3	3	2	9	5	8	5	2
41	3	3	2	10	5	9	5	2
42	3	3	2	10	5	9	5	3
43	3	4	2	10	5	10	5	3
44	3	4	2	11	5	11	5	4
45	3	4	2	11	5	11	5	4
46	3	5	2	11	6	0	5	4
47	3	5	2	11	6	0	5	5
48	3	5	3	0	6	1	5	5
49	3	5	3	0	6	2	5	6
50	3	6	3	0	6	2	5	6

Tabla segunda *que contiene las dimensiones que corresponden á los ejes, ya sean de fierro fundido, ya de fierro forjado, para que resistan á la torsion, calculadas en el mayor valor que pueda tener dicha resistencia, que es segun espresan las* (ec.^{s} (d) y (g)), á fin de que mas bien se esceda en fuerza.

Cuando la fuerza de torsion en un minuto, se halla espresada en	Siendo el número de vueltas que da en un minuto.	Valor que debe tener el diámetro del eje si es cilíndrico, ó el lado de la seccion si es cuadrado, para que resista á la torsion, espresado en pulgadas y líneas españolas.			
		Cuando es de fierro fundido		Cuando es de fierro forjado.	
Quintales españoles elevados á 1 pie español.		Pulgadas y líneas españolas.		Pulgadas y líneas españolas.	
10	20	0 pulg.^{s} y	11 l.^{s}	0 pulg.^{s} y	9 l.^{s}
10	40	0	9	0	7
10	60	0	8	0	6
10	80	0	7	0	6
10	100	0	6	0	5
20	20	1	2	1	0
20	40	0	11	0	9
20	60	0	10	0	8
20	80	0	9	0	7
20	100	0	8	0	7
30	20	1	4	1	1
30	40	1	0	0	11
30	60	0	11	0	10
30	80	0	10	0	8
30	100	0	9	0	8
40	20	1	5	1	3
40	40	1	2	1	0
40	60	1	0	0	10
40	80	0	11	0	9
40	100	0	10	0	9
50	20	1	7	1	4
50	40	1	3	1	1
50	60	1	1	0	11
50	80	1	0	0	10
50	100	0	11	0	9

Sigue la Tabla segunda.

100	20	1 pulgada.	11 l.s	1 pulgada.	8 l.s
100	40	1	7	1	4
100	60	1	4	1	2
100	80	1	3	1	1
100	100	1	2	1	0
150	20	2	4	1	11
150	40	1	9	1	6
150	60	1	7	1	4
150	80	1	5	1	3
150	100	1	4	1	1
200	20	2	5	2	1
200	40	1	11	1	8
200	60	1	8	1	6
200	80	1	7	1	4
200	100	1	5	1	3
300	20	2	10	2	5
300	40	2	4	1	11
300	60	1	11	1	8
300	80	1	9	1	7
300	100	1	8	1	6
400	20	3	1	2	8
400	40	2	5	2	1
400	60	2	2	1	10
400	80	1	11	1	8
400	100	1	10	1	7
500	20	3	4	2	11
500	40	2	8	2	4
500	60	2	4	2	0
500	80	2	1	1	9
500	100	1	11	1	7
600	20	3	10	3	1
700	40	2	11	2	7
800	60	2	8	2	4
900	80	2	6	2	2
1000	100	2	5	2	1

Tabla tercera *que contiene el factor ó número por el que se ha de multiplicar el diámetro del eje, si es cilíndrico, ó lado de la seccion si esta es un cuadrado, hallados por las tablas primera y segunda, para determinar el mayor grueso que debe tener en el parage donde recibe la carga para que resista á la rotura y á la torsion ó flexion.*

Cuando la longitud del eje equivalga á un número de veces el diámetro del gorron espresado por	Corresponde al factor por el cual se debe multiplicar el valor que corresponde en la primera tabla al gorron segun el peso que ha de sostener, para que resista á la rotura.	Corresponde al factor por el cual se ha de multiplicar el valor hallado en la segunda tabla en virtud del peso que ha de sostener para que resista á la flexion ó torsion.
12	1,	1,
20	1,185	1,466
30	1,357	1,986
40	1,493	2,467
50	1,609	2,916
60	1,710	3,344
70	1,800	3,745
80	1,882	4,149
90	1,957	4,532
100	2,027	4,905
110	2,092	5,268
120	2,154	5,624
130	2,212	5,971
140	2,267	6,313
150	2,320	6,648
160	2,371	6,978
170	2,419	7,302
180	2,466	7,622
190	2,511	7,937
200	2,554	8,249

Uso de estas Tablas.

180 Para hacer uso de estas tablas, no hay mas que buscar los datos en las cabezas de las columnas, y ver á que número corresponden. Y cuando los datos, que se den, se hallen entre dos de los que están en las tablas, se tomará el mayor de los dos resultados, para escedernos mas bien en fuerza y no temer por parte de la solidez.

1.er *Ej.* Si quiero averiguar el grueso que se debe dar á un gorron de fierro fundido, para sostener el peso de 47 quintales, no tengo mas que observar el número correspondiente en la columna segunda de la primera tabla, que conviene al fierro fundido, en frente del número 47 quintales de la primera columna, y hallo 3 pulgadas y 5 líneas, y este será el diámetro que corresponde al mencionado gorron.

2.º *Ej.* Si quiero averiguar el diámetro que corresponde á un gorron de fierro forjado, para sostener en medio de su eje un peso de 28 quintales y una arroba, aunque este valór se acerca mas al 28 quintales que al 29, sin embargo, como siempre conviene calcular todo lo que ha de reducirse á la práctica, mas bien por esceso, deberémos tomar el valor que corresponde al peso de 29 quintales; y viendo qué número de la columna 3.ª, que corresponde al fierro forjado, se halla en frente del 29 quintales de la columna primera en la misma tabla, encuentro que es 2 pulgadas y 6 líneas; y este es el diámetro que deberá tener el mencionado gorron para sostener dicho peso.

3.er *Ej.* Si quisiera encontrar el diámetro conveniente á un gorron de madera de pinabete para sostener un peso de 16 quintales, vería en la columna 4.ª de la misma tabla primera, el número que se hallaba en frente de 16 quintales, y hallaría 4 pulgadas y 2 líneas.

4.º *Ej.* Si quisiera saber el grueso que debería darse á un gorron de madera de roble para sostener un peso de 46 quintales y 3 arrobas, vería en la columna 5.ª de la tabla primera, el número que había en frente del 47 quintales de la primera, y hallaría ser 5 pulgadas y 5 líneas.

5.º *Ej.* Supongamos que se quiera encontrar cual debe ser el diámetro, que debe tener un eje de fierro fundido, para resistir á la torsion, cuando la fuerza que se ha de desenvolver ó cantidad de accion en un minuto, ha de equivaler á 430 quintales dando 78 vueltas en un minuto. Aquí vemos que el 430 quintales no se halla en la tabla; y aunque este número está mas próximo á 400 que á 500 en la tabla, como repetimos, que siempre conviene tomar los valores mas bien por exceso que por defecto, elegirémos el valor correspondiente á 500 quintales. Tampoco se hallan en la tabla las 78 vueltas; y aunque el 78 se acerca mas á 80 que á 60, como á proporcion que son mas las vueltas, el grueso disminuye, para tomar siempre un valor mas bien mayor de lo que se necesita, que menor, eligiré el número que corresponde á 60 vueltas; y como el número que hay en frente del 500 quintales y 60

vueltas en la 3.ª columna de la segunda tabla, es 2 pulgadas y 4 líneas, tomo este valor con la completa seguridad de que mas bien escede en fuerza, que le falta.

6.º *Ej.* Si quisiera averiguar el grueso que debe tener un eje, cuya seccion es un cuadrado, para resistir á una fuerza de torsion de 32 quintales, en un minuto, dando 26 vueltas, por las mismas razones del ejemplo anterior, elegiré el número 40 para los quintales; y el 10 para las vueltas, y en la 4.ª columna veo en frente del 40 de la misma columna y del 20 de la segunda, en dicha 2.ª tabla el número 1 pulgada y 3 líneas; y tengo seguridad de que, eligiendo este valor para el lado de dicho cuadrado, me resultará un valor que mas bien pecará por esceso que por defecto.

7.º *Ej.* Determinar cual debe ser el mayor grueso que se debe dar en el medio á un eje de fierro fundido, para que sostenga un peso de 45 quintales y 2½ arrobas, siendo la longitud del eje de 30 pies, y estando el peso en el medio. Aquí lo primero que debemos determinar, es el grueso del gorron; por lo que en la 2.ª columna de la tabla primera, verémos el número que hay en frente del 46 quintales, que es el inmediato superior á 45 quintales y 2½ arrobas; y hallamos 3 pulgadas y 5 líneas, que hacen 3,4 pulgadas; y este deberá ser el grueso del gorron. Ahora verémos cuantas veces está contenido este valor, 3,4 pulgadas en 30 pies ó 360 pulgadas, que es la longitud del eje, y practicando la division encontramos 105,9; este número se halla en la tabla 3.ª entre el 100 y el 110; por consiguiente elijo el número 2,092 que en la 2.ª columna corresponde en frente del 110; y quiere decir, que por este número debo multiplicar el diámetro del gorron 3 pulgadas y 5 líneas, ó 3,4 pulgadas, para que represente el grueso que debe tener en su medio el espresado eje. Multiplicando pues 2,092 por 3,4 se obtiene 7,1128 pulgadas, que equivalen á 7 pulgadas y ménos de línea y media; pero como siempre se debe calcular mas bien con esceso, tomarémos 7 pulgadas y 2 líneas. Por consiguiente, dando al eje en el medio de su longitud este diámetro, ó este lado al cuadrado, y disminuyendo gradual y uniformemente su grueso hasta que en sus estremos sea solo de 3 pulgadas y 5 líneas, tendrémos la forma del eje de fierro fundido que buscábamos para que sostenga en su medio, sin romperse, un peso de 45 quintales y 2½ arrobas.

8.º *Ej. Se deséa encontrar las dimensiones que debe tener un eje de madera de roble, cuya longitud ha de ser 18 pies, para sostener un peso de 23 quintales y 1 arroba.* Debemos ante to-

das cosas determinar el diámetro que corresponde á un gorron de dicha madera en las mismas circunstancias; y por la tabla 1.ª, vemos en la columna 5.ª, que es la del roble, que en frente de 24 quintales, valor inmediatamente superior á 23 quintales y 1 arroba, se halla el número 4 pulgadas y 4 líneas; por consiguiente este deberá ser el diámetro que ha de tener en los estremos el espresado eje, si es circular, ó el lado del cuadrado si su seccion es cuadrada. Dividiendo ahora la longitud 18 pies ó 216 pulgadas por 4 pulgadas y 4 líneas, ó 4,33 pulgadas, se halla por cociente, 49,9. Busco en la tabla 3.ª el número que en la columna 2.ª se halla en frente del número 50, y encuentro ser 1,609. Lo cual quiere decir que debo multiplicar el grueso en el estremo del eje, que es 4 pulgadas y 4 líneas ó 4,33 pulgadas, por 1,609 para encontrar el que se debe dar al eje en su medio. Haciendo la espresada multiplicacion del 1,609 por 4,33, encuentro 6,96697 pulgadas, que tomaré aproximadamente por esceso, el valor 7 pulgadas; y quiere decir que el espresado eje de roble, si es cilíndrico, deberá tener en su medio, que es donde suponemos la carga ó peso que sostiene, 7 pulgadas, é ir disminuyendo gradual y progresivamente hasta sus estremos en que tendrá 4 pulgadas y 4 líneas. Si la seccion del eje debiese ser un cuadrado, al lado de este correspondía en el medio 7 pulgadas; y debería ir disminuyendo gradual y progresivamente hasta que en sus estremos resultase 4 pulgadas y 4 líneas.

Si se quisiese que el eje fuese de la espresada madera de roble, y los gorrones de fierro forjado, no deberíamos hacer mas que buscar en la tabla 1.ª el diámetro que corresponde á un gorron de fierro forjado para sostener el peso de 24 quintales, y hallamos 2 pulgadas y 4 líneas. Luego resulta, que, siendo el eje de roble y los gorrones de fierro forjado, deberá tener, en el medio de su longitud 7 pulgadas de grueso; en sus estremos 4 pulgadas y 4 líneas; y poner en estos estremos unos gorrones de fierro forjado de 2 pulgadas y 4 líneas. Con lo cual se tendrá un eje que podrá resistir á la presion mencionada.

Lo espuesto en esta seccion basta para los casos que generalmente ocurren en la práctica; los que deséen entrar en otros pormenores, ya sobre la reunion ó ensamblages de las partes de las máquinas, ya sobre el modo de engranar y desengranarlas cuando están en movimiento, podrán consultar con éxito feliz los ensayos 3.º y 4.º sobre los *mill-work an other machinery mechanical and descriptive por Roberston Buchanan.*

SECCION SEGUNDA.

Nociones teóricas acerca del choque y resistencia de los fluidos; y resultado de los esperimentos conocidos para las aplicaciones prácticas.

181 El contenido de esta seccion es sumamente importante y necesario; ya porque hasta ahora no ha formado parte de los tratados de Mecánica, ya porque esta doctrina no se halla esplicada conforme corresponde á su mucha trascendencia, en los libros que por lo general consultan los constructores y principiantes.

Considerarémos ante todas cosas el choque del fluido cuando encuentra perpendicularmente á un cuerpo, que es á lo que se llama *choque directo*; y para proceder con la debida claridad, observarémos que la teoría de la resistencia de los fluidos comprende especialmente dos objetos principales, que frecuentemente se han confundido, y que es sin embargo muy esencial distinguir cuidadosamente. *Uno es la consideracion de una vena ó chorro de fluido que saliendo por un orificio, viene á perder, en su encuentro con una superficie, el todo ó parte de su movimiento.*

El otro es *la de un cuerpo en movimiento, sumergido en un fluido indefinido, ó flotando en su superficie.*

182 En el primer caso, figuremos un vaso que permanece constantemente lleno hasta el nivel *ab* (fig. 55 lám. 4), en el cual el agua se escapa por el orificio *cd*; cuya boca es contraida ó embudada para que los filetes fluidos salgan en direcciones paralelas. Sea *ef* un plano presentado perpendicularmente á la direccion de la vena, y de una magnitud tal, que no se amontone ó rebalse agua sobre este plano, sinó que se escape por su contorno ó perímetro, al instante que ha perdido contra él toda su velocidad vertical; de modo que el esfuerzo sostenido por el plano *ef*, se puede considerar como destinado únicamente á destruir esta velocidad. Sea k la superficie del orificio, V la velocidad del fluido, p el peso de la unidad de volúmen, R el esfuerzo ejercido contra el plano, y tendrémos que el volúmen de agua, que saldrá en un instante, ó en un tiempo muy pequeño, que espresarémos por t, se hallará representado (572 Mec.) por kVt; su peso, por $pkVt$; y como en virtud de la (ec. 206 § 164 Mec.) despejando la M, resulta que *la masa de un cuerpo es igual á su peso dividido por la fuerza de la gravedad*, tendrémos que

la masa del espresado volúmen de agua estará representada por $\frac{pkVt}{g} = \frac{p}{g}.kVt$ (A), y su cantidad de movimiento (§ 310 Mec.) por $\frac{p}{g}kVt.V = \frac{p}{g}ktV^2$ (B). Pero la fuerza ó resistencia R debiendo destruir este movimiento, será necesario que pueda ser capaz de imprimirle en un instante; y como la cantidad de movimiento que una fuerza ó resistencia R puede comunicar en el elemento del tiempo t, se halla espresada por $R.t$ *, resulta que esta cantidad deberá ser igual á la precedente, y se tendrá para determinar R, la ecuacion $R.t = \frac{p}{g}ktV^2$; de donde $R = \frac{p}{g}kV^2$ (C).

Si espresamos por R' otra resistencia correspondiente á la velocidad V', tendrémos $R' = \frac{p}{g}kV'^2$: y formando proporcion, y simplificando la última razon, se tiene $R : R' :: V^2 : V'^2$ que nos dice, que *las resistencias* son proporcionales á los cuadrados de las velocidades.

* Esta proposicion se supone conocida tácitamente, reputándola como axioma, de lo cual dista mucho; por cuya causa, he aquí su demostracion. Supongamos que M represente la masa de un cuerpo sometido á la accion g de la pesantèz ó gravedad; y tendrémos que Mg representará el producto de la masa del cuerpo por el espacio que andaría en la unidad de tiempo si continuase moviéndose solo por el impulso que le ha comunicado la accion de la gravedad; luego Mg representará la cantidad de movimiento que adquiere al cabo de una unidad de tiempo, cediendo libremente á esta accion; y Mgt representará la cantidad del movimiento que adquirirá al fin del tiempo t; y como en virtud de la (ec. 348 § 325 Mec.) se tiene $v=gt$, resulta que la espresion anterior se convertirá en Mv: lo que nos confirma lo que ya sabíamos (§ 310 Mec.); esto es, que *la cantidad de movimiento se mide por la masa del cuerpo multiplicada por la velocidad.*

Sabemos por otra parte (ec. 206 § 164 Mec.), que, espresando por P el peso de un cuerpo, se tiene la relacion $P=Mg$; luego si en la espresion Mgt, sustituimos P, en vez de Mg tendrémos que $P.t$ representará tambien la cantidad de movimiento que la accion de la gravedad podría imprimir á este cuerpo en el tiempo t. De donde resulta que, si en general, espresamos por R la presion ó esfuerzo que es capaz de ejercer una fuerza cualquiera contra un obstáculo insuperable, dicha fuerza sería capaz tambien de imprimirle en el tiempo t, si el cuerpo le cediese libremente una cantidad de movimiento $=R.t$, como hemos asegurado en el testo.

Llamando h la altura debida á la velocidad V, será (§ 51 y 54 Mec. práct.) $V=\sqrt{2gh}$. Sustituyendo este valor en el de R, se tiene $R=pk.2h$ (D): lo que manifiesta que *el esfuerzo ejercido contra el plano es el peso de una columna de fluido cuya base es la seccion de la vena y su altura es doble de la debida á la velocidad.*

183 Si la forma del orificio es contraida, ó embudada, y la vena choca al plano con una velocidad igual á la que se verifica en el orificio, se puede tomar k en la fórmula precedente, por la verdadera superficie del orificio, y h por la carga ó altura de agua que hay sobre él. Si la entrada del orificio no es embudada ó contraida, los razonamientos precedentes solo pueden convenir á la seccion de mayor contraccion, esta es la que se deberá reputar representada por k en dicha fórmula, y por consiguiente será necesario tomar para k la superficie del orificio disminuida segun las relaciones indicadas (sec. 3.ª del lib. 3.º); espresando siempre h la carga ó altura de fluido sobre el centro de esta seccion. En fin, si el fluido sale por un tubo adicional cilíndrico, k será la seccion de este tubo, y h la altura debida á la velocidad del fluido en el tubo, que se determina tambien en cada caso particular, por lo espuesto en el parage acabado de citar.

184 La fórmula precedente ofrece, para la fuerza del choque, un valor doble del indicado en el artículo 570 de *Belidor*, y en otros Autores, que suponen que los choques, siendo como los productos de los orificios por las alturas de agua, *se sigue que los choques podrán medirse por el peso de las mismas columnas*; suponiendo, que el efecto de una fuerza, que obra simplemente sin ninguna modificacion, se puede tomar por la fuerza misma; lo cual no es exacto: y este valor que acabamos de obtener, se halla confirmado por la esperiencia, segun los resultados de *Bossut*, que hemos puesto (28). Si algunos Autores han creido hallar resultados, que se separan de él, es á causa de que no habían dado al plano *ef* bastante estension para que el movimiento vertical de la vena fuese enteramente destruido; ó porque el cálculo de los esperimentos estando complicado con la valuacion del gasto del orificio, y de la verdadera velocidad del fluido, estos dos elementos no estaban determinados con la conveniente exactitud: reuniéndose ademas el no haber atendido á la variacion de la fuerza de la gravedad que tenemos demostrado (§ 29 lib. 3.º) influir mas de lo que se cree, así como tampoco á las demas circunstancias que hemos espresado en la nota del párrafo 38 de este mismo libro.

185 Se puede ahora tratar de indagar lo que sucedería si el pla-

no chocado por la vena fluida, no tuviese la magnitud suficiente para destruir los movimientos de todos los filetes de agua, y que una porcion de estos filetes rebosase al rededor del plano, ántes de haber perdido enteramente su velocidad. La respuesta es que *la fuerza del choque* dependerá entónces de la relacion que tenga la superficie del plano con la seccion de la vena. Sería necesario, para determinarla por teoría, conocer los movimientos de cada una de las moléculas del fluido, á fin de estimar la porcion de velocidad que habrían perdido contra el plano, y la que habrían conservado: lo que es imposible al presente, y esta cuestion solo puede resolverse por esperimentos. *Mr. Dubuat* ha hecho algunos, de que parece resultar que, *cuando la superficie presentada al choque del fluido es un poco menor que la seccion de la vena, la presion que sufre, se debe sobre poco mas ó ménos á la misma altura que la velocidad del fluido........*

186 Si, al contrario, el plano tuviese una estension muy grande, el agua se amontonaría sobre este plano y ademas del esfuerzo necesario para destruir la velocidad de la vena, tal como se ha valuado ántes, el plano sostendría tambien el peso de una cierta cantidad de agua. En los esperimentos de *Bossut*, el diámetro del plano era $5\frac{1}{2}$ á 9 veces mayor que el del orificio: sus resultados, un poco inferiores á los de la teoría, solo difieren en una pequeña cantidad que se puede atribuir ó á los errores inevitables de estas investigaciones, ó á que es imposible, en realidad, que todas las moléculas del fluido pierdan rigorosamente contra el plano chocado toda la velocidad que poséen perpendicularmente á este plano, ó á no haber atendido á las circunstancias espresadas en la nota del párrafo 38 de este mismo libro. Es necesario tener cuidado, en esperimentos de este género, si no se determina la velocidad por el gasto del orificio, que esta velocidad se puede disminuir por efecto del obstáculo que el plano, colocado demasiado cerca del orificio, opondría al movimiento del fluido. Parece que la diminucion de la velocidad principia á ser sensible, cuando la distancia del plano es ménos que cuatro veces el diámetro del orificio, segun los esperimentos de *Mr. Hachette.*

Del choque oblícuo de una vena de fluido contra un plano.

187 Consideremos ahora una vena de fluido que viene á chocar á un plano, opuesto á su direccion, pero que esta no es perpendicular al plano. Sea k la superficie de la seccion de esta vena, perpendicular á la direccion de su corriente, y V la velocidad del fluido. Si se

representa por a el ángulo formado por el plano, y por el eje de la vena, y se supone, como ántes, que en el instante en que las moléculas del fluido cesan de obrar sobre este plano, ellas vienen á serle paralelas, *el efecto del choque será el hacerles perder la velocidad* V. sen. a *que poseían en el sentido de la perpendicular al plano.* Para demostrarlo, supongamos que el corte del plano se halle representado por AB, (fig. 56 lám. 1); y que el eje de la vena fluida sea fn, que forme con el corte del plano ó con su proyeccion el ángulo fnB; que hemos llamado a; y tendrémos que descomponiendo la velocidad mn en otras dos, una perpendicular al plano que es la mp, y la otra paralela, que es la mq, resulta que la mp, cuyo valor es (§ 649 I T E) mn sen. $mnp=V$. sen. a, será destruida por el plano, y solo quedará la $mq=V$. cos. a (E); que será la velocidad con que el fluido continuará moviéndose. Ahora, llamando M la masa del fluido en moviento, y V su velocidad, tendrémos que $M. V$ será su cantidad de movimiento antes del choque; y puesto que por causa de este pierde una porcion de la velocidad V, espresada por V sen. a, tendrémos que la cantidad de movimiento perdida, por causa del choque, será $M. V.$ sen. a. Y como la masa M de fluido en movimiento se halla espresada (182) por $\frac{p}{g}k.V.t$, se tendrá que la cantidad de movimiento perdida estará espresada por $\frac{p}{g}k.t.V.^2$ sen. a (F); y por consiguiente, esta será la resistencia que el plano habrá opuesto; luego, si la espresamos por R, tendrémos $R=\frac{p}{g}kV.^2$ sen. a (G). Si espresamos por R' la resistencia que ofrecería el mismo plano á la misma corriente sin mas que variar el ángulo de inclinacion en que se verifica el choque, resulta que si espresamos dicho ángulo por b, tendrémos $R'=\frac{p}{g}k.V.^2$ sen. b. Formando proporcion con esta estas dos últimas ecuaciones, y simplificando la segunda razon, tendrémos $R:R'::\frac{p}{g}k.V.^2$ sen. $a:\frac{p}{g}k.V.^2$ sen. $b::$ sen. $a:$ sen. b. Esta proporcion nos dice que, en el choque oblicuo, *las resistencias, á igualdad de*

las demas circunstancias, guardan la misma razon que los senos de los ángulos de incidencia. A este mismo resultado conducen las investigaciones de Lagrange. Si el valor $V.$ sen. a, que espresa la velocidad perdida mp, se sustituyese en la ecuacion (C) párrafo 181, se nos convertiría en $R = \frac{p}{g} . k . V.^2$ sen. a^2; y de aquí sin duda ha provenido el error de varios Autores de establecer que *la resistencia de los fluidos, en el choque oblicuo, sigue la ley de los cuadrados de los senos de los ángulos de incidencia.* Los esperimentos de *Bossut* dan á la verdad resultados menores que la razon de los senos de incidencia; pero esto proviene verosímilmente de no haber tenido suficiente ancho el plano de que se sirvió, para que todo el fluido pudiese llegar á serle paralelo cuando cesaba de obrar sobre él. Se tienen otros esperimentos del Doctor *Vince* para todos los ángulos de inclinacion comprendidos en el cuadrante del círculo, donde la ley del seno de incidencia se verifica muy exactamente (*Transacciones filosóficas* 1798). Por lo cual, nos parece que no se puede poner ya en duda, que *la fuerza del choque es proporcional al seno del ángulo de incidencia*, y no al cuadrado de este seno, como establecen Belidor y otros Autores.

188 Pasemos ahora á dar las nociones teóricas mas importantes sobre *la resistencia de los fluidos.*

El modo con que los movimientos se propagan en los fluidos se conoce tan poco, que es muy difícil formarse una idéa exacta de las modificaciones que se verifican cuando una corriente encuentra á un cuerpo inmóvil. Sea el cuerpo *ABCD* (fig. 57 lám. 4) que, para fijar las idéas, se podrá considerar como un cilindro de base circular, cuyo eje se halle dirigido en el sentido de la corriente que choca su cara *BA*. Parece que los filetes de fluido, que vienen al encuentro del cuerpo, se desvían á alguna distancia delante de esta cara, sobre poco mas ó ménos á la manera indicada por las líneas de puntos: y este desvío en la direccion de los filetes no parece tener lugar de un modo sensible, sinó en una corta estension al rededor del cilindro. La presencia de este cuerpo disminuyendo la magnitud de la seccion de la corriente, es preciso que la velocidad aumente allí. Luego se verificará que, al mismo tiempo que las moléculas del fluido se separan, su velocidad se acreciente poco á poco hasta que lleguen en frente de los estremos *A*, *B*, de la cara anterior; y hasta el parage donde la curva que describen muda su convexidad en concavidad. A partir de este

punto, las moléculas del fluido, cesando de obrar sobre el cuerpo, y de resentirse de su presencia, propenden á continuar su movimiento en línea recta y á conservar su velocidad adquirida. Pero la inercia del fluido ambiente, y la adhesion de las moléculas unas á otras, las vuelven poco á poco, en la direccion del movimiento general, haciéndoles describir líneas semejantes á porciones de parábola, y quitándoles el esceso de su velocidad sobre la de este movimiento.

En virtud de esta nocion imperfecta de los efectos que se verifican al encuentro de la cara anterior del cuerpo, se puede concebir como una hipótesis matemática propia para representar estos efectos, que el fluido se mueve en una infinidad de canales pequeños dirigidos segun las líneas de puntos de la figura, donde la secion disminuye y la velocidad aumenta hasta los puntos de inflexion situados en frente de los estremos A, B de la cara anterior, y donde la seccion aumenta disminuyendo la velocidad á partir de estos puntos. Sea MN la direccion general de la corriente; mon la direccion de uno cualquiera de los canales sumamente pequeños, de que se acaba de hablar; y o el punto de inflexion de dicho canal. Si se considera el movimiento de una pequeña capa de fluido que le corre, se ve que su velocidad creciendo de m á o, esta capa debe considerarse como empujada por una fuerza capaz de producir esta aceleracion en su movimiento. Por consiguiente, la capa ejerce perpendicular ó normalmente contra la pared del canal una presion, que proviene de la fuerza, de que se acaba de hablar, descompuesta perpendicularmente á esta pared, y de la fuerza centrífuga. Esta presion, normal á la pared del canal, puede ser descompuesta despues en dos fuerzas, la una perpendicular á la direccion MN de la corriente, que será destruida por la fuerza análoga resultante del canal colocado simétricamente con el que se considera; la otra paralela á MN, que producirá el esfuerzo sostenido por el cuerpo. Aplicando el cálculo á estas consideraciones, como lo ha hecho *Mr. Robins* en sus *nuevos principios de Artillería*, se halla que, llamando V la velocidad general de la corriente, que se verifica en m, donde el canal principia á encurvarse; V' la velocidad que tiene lugar en el punto de inflexion o; k la seccion del canal en m; b el ángulo otN formado por la tangente en el punto o con MN; y p el peso de la unidad de volúmen del fluido, el esfuerzo ejercido sobre el cuerpo en el sentido MN por el fluido contenido en la porcion mo del canal, tiene por valor $\frac{p}{g}.k.V.(V-V'\cos. b)$ (H).

189 La fórmula precedente manifiesta que, dada la velocidad V, el esfuerzo ejercido sobre el cuerpo es tanto mayor, cuanto la velocidad $V-V'$ cos. b perdida contra el cuerpo, es mayor. El valor de esta última depende en gran parte del ángulo b, ó del modo con que los filetes de fluido están obligados á cambiar de curvatura. Si sucediese que este cambio fuese tal que la tangente en el punto de inflexion o fuese perpendicular á la direccion de la corriente, ó paralela con AB, se tendrá entónces cos. $b=0$; el valor del esfuerzo será el mayor posible, y vendrá á ser $\frac{p}{g}kV^2$.

190 Solo hemos considerado el movimiento del fluido en el canal *mon* hasta el punto o. Mas allá de este punto, la velocidad disminuye, y es necesario concebir cada capa sometida á la accion de una fuerza dirigida del lado opuesto de su movimiento. Pero aquí la curva volviendo su convexidad del lado opuesto al cuerpo, la presion normal ejercida contra la pared del canal, tanto en razon de esta fuerza como de la centrífuga del fluido, se halla tambien dirigida del lado opuesto al cuerpo. Parece pues que el fluido no ejerce ya, pasado el punto o, ninguna accion sobre este cuerpo, y que la presion normal ejercida contra la pared está destruida en esta última parte del canal *mon* por la inercia del fluido ambiente.

De la resistencia, en tanto que proviene de la diferencia de las presiones que se verifican contra las caras anteriores y posteriores del cuerpo.

191 No se debe, sin embargo, concluir de cuanto acabamos de esponer, que la figura de la parte anterior del cuerpo, ó de su proa, es la que solo determina la intensidad de la resistencia. Las observaciones prueban al contrario, que la resistencia depende en gran parte de la figura de la popa, y sobre todo de la proporcion entre el ancho del cuerpo y su longitud. Se sabe, por ejemplo, que presentando al choque de una corriente un cuerpo de base cuadrada, y de tan poco espesor que se acerque á ser una superficie, sufrirá un esfuerzo mayor que un cubo de que este cuadrado fuese la base; que el cubo sufrirá un esfuerzo mayor que un paralepípedo de la misma base, cuya longitud fuese doble; y que la resistencia irá disminuyendo hasta un cierto límite, á medida que aumente la longitud del cuerpo. Estos hechos solo se pueden esplicar examinando las modificaciones que la presion causada por la pesantez del fluido puede sufrir al rededor del cuerpo.

192 Si el fluido estuviese en reposo, la presion en cada punto sería debida á la distancia vertical h de este punto á la superficie del fluido (§ 508 Mec.). Pero, en general, no sucede lo mismo en un fluido en movimiento. *Dubuat* no duda en admitir por principio que, siendo V la velocidad en un punto cualquiera del fluido, y $\frac{V^2}{2g}$ la altura debida á esta velocidad, la presion en este punto es debida á la altura $h - \frac{V^2}{2g}$ (*Princ. de Hidr. art.* 439).

193 En virtud de este principio, hemos resuelto nosotros tres cuestiones (en el § 77 del lib. 3.º); y aunque algunos quieren suponer que no es general para todos los casos, no me parecen bastante convincentes las razones que alegan.

194 *Estas dos partes de la resistencia deben sumarse la una con la otra.*

En efecto, de las nociones que acabamos de dar, se deduce que si se conociesen los movimientos que las diversas moléculas del fluido toman en la inmediacion de un cuerpo, y se quisiese valuar su resistencia, sería necesario, en primer lugar, calcular el esfuerzo resultante de las pérdidas de movimiento, que el choque contra este cuerpo hace sufrir al fluido, tomando la suma de los valores de la cantidad $\frac{p}{g} kV(V-V' \cos. b)$ en toda la estension del fluido; donde sus moléculas están obligadas á mudar de direccion. La resistencia, que de este modo se hallará, es una cosa absolutamente independiente de la presion, que proviene del peso del fluido no pesado, al que una causa cualquiera hubiese comunicado su movimiento. Sería necesario, en segundo lugar, calcular para los diversos elementos de la superficie del cuerpo, la presion que proviene del peso del fluido, y se tomará la resultante de estas presiones sobre la cara anterior, la cual empuja al cuerpo en el sentido de la corriente; y la resultante de estas mismas presiones, sobre la cara posterior, la cual empuja al cuerpo en sentido opuesto. Se quitaría la segunda resultante de la primera, y se añadiría la diferencia, sea positiva ó negativa, al esfuerzo que proviene del choque del fluido. El resultado daría exactamente la resistencia del cuerpo.

195 En el estado actual de la Hidrodinámica no es posible hacer

un cálculo semejante; y respecto de los conocimientos esperimentales que se han podido adquirir sobre este asunto, se ha determinado en casos particulares la resistencia de muchos cuerpos, y aun se han observado alguna vez las presiones que se verifican en diversos puntos de la superficie; pero estas observaciones no bastan para establecer una teoría general. Solo advertirémos este hecho, que resulta de todas las observaciones bien comprobadas, á saber: que, *al ménos en los fluidos incompresibles, la resistencia de un mismo cuerpo es muy aproximadamente proporcional al cuadrado de la velocidad del fluido.* Si se hallan algunos desvíos de esta ley, parecen provenir de las circunstancias particulares, de que se tratará despues, y á las cuales se puede atender especialmente, sin que esto deba perjudicar á la generalidad del principio.

196 Otro hecho, igualmente indicado por las observaciones, es que *para cuerpos de figuras semejantes, la resistencia es siempre, á igualdad de velocidades, proporcional al cuadrado de sus dimensiones homólogas.* Así es, por ejemplo, que observando esferas de diversos diámetros, se ha encontrado siempre aproximadamente la resistencia sobre poco mas ó ménos en una misma relacion con la superficie de su círculo máximo que, como se sabe (§ 522 cor. 2.° I T E) es proporcinal á los cuadrados de sus diámetros, radios, &c.

197 Se satisfará á estas dos indicaciones, admitiendo: 1.° que la figura en los canales sumamente pequeños, en que las moléculas puede reputarse que se mueven, permanece sin alteracion, para un mismo cuerpo cuando la velocidad varía; 2.° que la velocidad variable, que el fluido toma en estos canales, conserva siempre, en sus diversos puntos, una misma relacion con la velocidad general de la corriente; 3.° que cuando las dimensiones absolutas del cuerpo varían, conservando su misma figura, las dimensiones absolutas del sólido formado por el conjunto de los canales corridos por el fluido, varían en la misma relacion, con tal que las figuras de estos canales permanezcan semejantes á ella mismas.

198 En efecto, admitidas estas hipótesis, se vé desde luego que el esfuerzo que proviene de la pérdida de movimiento del fluido, representado por la suma de los valores de la cantidad $\frac{p}{g} kV(V - V'$ cos. $b)$ en todos los canales sumamente pequeños, será una cantidad proporcional á kV^2, representando por k la superficie de la mayor seccion perpendicular al eje del cuerpo. Ademas, buscando la resul-

tante de las presiones ejercidas en la superficie del cuerpo, por efecto del peso del fluido sucederá necesariamente que los términos multiplicados por h, en la espresion de esta resultante, serán iguales de dos en dos y de signo contrario, y se destruirán mútuamente: lo que se concebirá sin dificultad, atendiendo á que el cuerpo sometido á las solas presiones debidas á la distancia h de sus puntos á la superficie del fluido, sería como en un fluido estancado, y no propendería á tomar ningun movimiento horizontal. No quedará pues en el valor de la resultante ningun término que contenga la altura h, y desaparecerá esta de todos los términos de la espresion de la resistencia del cuerpo, lo que va conforme con la esperiencia, quedando solo para esta espresion una cantidad proporcional á $k\,V^2$

Espresion general de la resistencia de un cuerpo.

Representando por h la altura debida á la velocidad V, se tendrá (§ 50 y 51 Mec. Práct.) $h = \frac{V^2}{2g}$; por consiguiente h será proporcional á V^2; y como acabamos de ver que la resistencia de un cuerpo es proporcional á $k.\,V^2$, resulta que tambien lo será á $k.\,h$; y para facilitar las enunciaciones, la representarémos, en general, por la fórmula $R = p.\,(m + n).\,k\,h$ (*I*), espresando p el peso de la unidad de volúmen de fluido, y m y n dos números que hay que determinar por la esperiencia, los cuales permanecerán constantes para todos los cuerpos de figuras semejantes, por ejemplo, para todas las esferas, para todos los cubos &c. cualesquiera que sean las dimensiones absolutas. En esta fórmula, el término $p\,m\,k\,h$ representa la resultante de las presiones ejercidas sobre la superficie anterior del cuerpo, tanto por el efecto del choque contra esta cara, como en razon de la pesantez de este fluido; y el término $p\,n\,k\,h$, la resultante de las presiones negativas que se ejercen por la parte posterior del cuerpo, la cual debe ser considerada como una *no-presion*, segun la denomina *Dubuat*, y dirije al cuerpo en el sentido de la corriente, por lo que se debe añadir al esfuerzo sostenido por su cara anterior, que le empuja en este mismo sentido.

Del caso en que un cuerpo se mueve en un fluido en reposo.

199 Hasta ahora solo hemos considerado un cuerpo inmóvil espuesto al choque de una corriente; pasemos al caso, en que un cuerpo se mueva en un fluido estancado. Se había siempre asimilado este caso al precedente, y creido que los efectos debían estar representados por la misma espresion. Al intentar formar una idéa de él, pa-

recen efectivamente de todo punto análogos; pero en estas materias no se debe uno fiar de semejantes presunciones, y parecería por los esperimentos de *Dubuat*, que á velocidades iguales, un mismo cuerpo sufre mas resistencia cuando es chocado por una corriente de velocidad determinada, que cuando teniendo el cuerpo esta misma velocidad, se mueve en un fluido en reposo *. Es necesario convenir, sin embargo, que los esperimentos de este género son tan delicados, que acaso no bastan para establecer de todo punto este principio. Por lo cual, mientras se decide esta cuestion por el concurso de la Teoría y de la esperiencia, no resultarán inconvenientes considerables de hacer uso de la misma fórmula $R=p\ (m+n)\ k\ h$ para los dos casos, salvo determinar separadamente para cada uno de ellos los valores de las constantes m y n. Si el cuerpo y el fluido se hallan ambos en movimiento, la cantidad h representará la altura debida á la suma de sus velocidades si se mueven en sentido contrario, y á su diferencia, si se mueven en el mismo sentido.

200 Conviene ahora examinar las circunstancias físicas que no se han tomado en consideracion en los párrafos precedentes, y que pueden sin embargo influir en los resultados. La primera es la *adhesion de las moléculas* del fluido entre sí, y con la superficie de los cuerpos que están sumergidos en él. Esta adhesion aumenta necesariamente la resistencia, pues que por las modificaciones que el movimiento del fluido padece al encuentro del cuerpo, hay moléculas separadas las unas de las otras, y hay otras que resbalan unas sobre otras, y sobre la superficie del cuerpo. Los esperimentos parecen indicar que este aumento solo es sensible en dos casos: el primero cuando el cuerpo es muy pequeño, y el movimiento muy lento; el segundo, cuando la longitud del cuerpo en el sentido del movimiento es considerable con relacion á su ancho. En estos dos casos, la resistencia no estaría ya espresada por un solo término proporcional al cuadrado de la velocidad; es necesario, para tener una fórmula que satisfaga á las observaciones, añadir un segundo término proporcional á la primera potencia de la velocidad, que viene á ser despreciable, aun para cuerpos muy pequeños, cuando la velocidad escede á unas 9 pulgadas españolas, en virtud de lo espuesto en una memoria de *Coulomb*, en el T. 3.º de las *de la clase*

* Don Jorge Juan es el primero que ha demostrado en el cap. 5.º del libro 2.º de su *Exámen Marítimo*, que no es la misma la resistencia horizontal que padece un cuerpo movido en un fluido en reposo, que la que se verifica en el caso de ser el fluido el que se mueve, hallándose el cuerpo en reposo.

de Ciencias Físicas y Matemáticas del Instituto. Ademas, segun *don Jorge Juan*, dicha fórmula debería tener otro término proporcional á la cuarta potencia de la velocidad; pues el Corolario 8.º con que termina el cap. 5.º del segundo Libro de su apreciable *Exámen Marítimo* dice así; «Será asimismo en general la resistencia horizontal que padece un cuerpo como tres cantidades; una que es como las simples velocidades, otra como los cuadrados de la misma, y otra como los cuadrados-cuadrados.''

201 La segunda consideracion es la de la *elasticidad del fluido* en el caso en que el cuerpo está sumergido en el aire ó fluidos aeriformes. Se sabe que en los fluidos elásticos la densidad permanece siempre, á temperaturas iguales, proporcional á la presion. Por consiguiente, el efecto de la presion mas considerable que el fluido ejerce sobre la cara anterior del cuerpo, es aumentar su densidad delante de esta cara. Pero como la parte de la resistencia que proviene del choque, depende de la masa de fluido que sufre este choque, se vé que esta porcion de la resistencia solo puede ser proporcional al cuadrado de la velocidad, en un fluido incompresible; mas en un fluido elástico, depende, ademas, de la densidad que el fluido adquiere delante del cuerpo, la cual aumenta con la velocidad. La resistencia del cuerpo debe, pues, crecer en una relacion mayor que la del cuadrado de la velocidad, lo que es conforme á la esperiencia. Parece que esta consideracion, sumamente importante para los cálculos del movimiento de los proyectiles, puede ser despreciada en los cálculos relativos á las máquinas, en que se consideran velocidades mucho menores. En efecto, se tienen esperimentos de *Bordá* hechos en el aire, donde las velocidades han variado desde 3,59 pies españoles hasta cerca de 28 pies españoles, en que la ley del cuadrado de las velocidades se sostiene con gran exactitud. Sin embargo, puede ser que esto no tuviese lugar, si se hiciesen observaciones sobre superficies mayores que las empleadas por *Bordá*. Por esta causa, *don Jorge Juan* considera con una maestría en su citado *Exámen Marítimo*, los casos en que los cuerpos que se mueven en el agua tienen una parte fuera de este líquido. Pues la parte de la resistencia que proviene de la porcion sumergida en el líquido se debe calcular por las leyes de la resistencia en los fluidos incompresibles; y la que proviene de la parte que va fuera del agua, por las leyes de resistencia de los fluidos elásticos.

202 Se notará, en fin, que el decremento de la presion contra la cara posterior del cuerpo, es causa de que hay necesariamente, aun

en los fluidos incompresibles, un cierto valor de la velocidad, en que la ley del cuadrado de las velocidades no tiene lugar, y en que la espresion de la resistencia muda absolutamente de naturaleza, por que hay un límite, mas allá del cual el fluido se desprenderá de la cara posterior del cuerpo, y dejará un vacío detras de sí, lo cual sucederá cuando la presion á que se halla sometido el fluido por efecto de la gravedad, no es ya capaz de imprimirle una velocidad bastante grande para hacerle seguir al cuerpo, y llenar el vacío que él propende á dejar detras de sí. A partir de este límite, el fluido no estando ya en contacto con la cara posterior del cuerpo, no ejerce ninguna accion sobre esta cara.

203 La altura h, á la cual es debida la presion que resulta del peso del fluido, no desaparece en este caso de la espresion de la resistencia; cuyo valor, si el cuerpo se mueve en el aire, dependerá por consiguiente en este caso de la intensidad de la presion atmosférica, indicada por la altura del barómetro; y si el cuerpo se mueve en el agua, de esta misma presion atmosférica, que es trasmitida en lo interior del fluido, y de la profundidad á que el cuerpo se halle colocado debajo de su superficie.

204 Para aclarar estas consideraciones por un ejemplo, y formarse una idéa de su influencia sobre los fenómenos, supongamos un plano delgado de $0,^{m}32$ (1,15 pies españ.s) de lado, que se mueve en el aire con una velocidad V debida á la altura h. Parece por los esperimentos de *Dubuat* que la *no-presion* media contra la cara posterior de este plano, será debida sobre poco mas ó ménos á la altura 0,43 h. Pero siendo la densidad del aire $=0{,}00124$, y la altura de la columna de agua que hiciese equilibrio á su fuerza elástica, $=10,^{m}3$, (unos 37 pies españ.s), la altura á la cual se debe la presion que resulta del peso del fluido es $h=\frac{10,^{m}3}{0{,}00124}$. Por consiguiente, para encontrar el límite mas allá del cual quedará un vacío detras del plano, se hará $0{,}43\ h=\frac{10,^{m}3}{0{,}00124}$; de donde se deduce $h=3572\,\text{m}$, y siendo $\sqrt{2g\times3572}=265^{m}$, la velocidad debida á esta altura, se deduce, que admitiendo que el coeficiente 0,43 de la *no-presion* no muda cuando la velocidad viene á ser muy grande, será necesario que el plano corra 265^{m} (951 pies

españoles) por segundo para que se forme un vacío detras de él.

De la resistencia de los cuerpos flotantes.

205 Se ha supuesto en los párrafos precedentes, que el cuerpo se hallaba sumergido en una masa indefinida de fluido; respecto de los cuerpos que flotan en la superficie del agua, los esperimentos enseñan dos cosas, una que *la resistencia crece un poco mas rápidamente que el cuadrado de la velocidad*, de mòdo que, por ejemplo, si la velocidad, doblase, la resistencia, supuesta cuádrupla, se hallaría disminuida casi en $\frac{1}{10}$. La otra, que *la resistencia es, á igualdad de las demas circunstancias, un poco mayor para un cuerpo flotante, ó situado muy cerca de la superficie, que para un cuerpo sumergido á una cierta profundidad*. El último de estos fenómenos se puede esplicar, notando que cuando un cuerpo se halla enteramente sumergido, el fluido que viene al encuentro de su cara anterior tiene una igual facilidad para separarse, y escaparse sobre toda la estension del contorno de esta superficie, mientras que para un cuerpo flotante no puede escaparse de este modo sinó sobre una porcion de este contorno; lo cual haciendo perder al fluido una mayor parte de su velocidad en el sentido del movimiento, debe aumentar la fuerza del choque; y haciendo crecer la velocidad efectiva con la cual el fluido se escapa, aumentar la *no-presion* que se verifica sobre la cara posterior del cuerpo.

Del desnivelamiento, y de sus efectos.

206 En cuanto al acrecentamiento de la resistencia mas rápido que en razon del cuadrado de las velocidades, esta circunstancia parece provenir de las modificaciones que se verifican en la superficie del fluido, al rededor de un cuerpo flotante, movido sobre dicha superficie. La observacion enseña, que entónces se reproduce allí un *desnivel*, es decir, que, delante del cuerpo, la superficie se eleva sobre su nivel general, y forma una especie de remolino, y que á lo largo de sus caras laterales, y detras del cuerpo, se deprime bajo este nivel, formando una especie de hueco, vacío, ó depresion. Se comprenden fácilmente estos efectos, notando que, delante de la cara anterior, el fluido no puede tomar la velocidad necesária para escaparse, y hacer lugar al cuerpo, sinó en tanto que su superficie se halle levantada á una altura capaz de producir esta velocidad; y del mismo modo, que no púede afluir detras de la cara posterior para

llenar el vacío que propende á formarse allí sinó despues que su nivel se ha deprimido detras de esta cara, de manera que haya la carga necesaria para imprimir este movimiento. Es fácil de concebir por otra parte, que estos desniveles son tanto mas sensibles cuanto la velocidad es mas considerable. Pues su efecto es: 1.° aumentar la superficie de la cara anterior del cuerpo en contacto con el fluido, y disminuir la superficie de su cara posterior; 2.° aumentar la presion que resulta del peso del fluido (la cual depende siempre de la distancia vertical de cada punto á la superficie) sobre la primera cara, disminuyéndola sobre la segunda. Por consiguiente, cuando la velocidad aumenta, el desnivel hace crecer doblemente la resistencia, y se podría tener en consideracion, introduciendo en su espresion un término proporcional á la cuarta potencia de la velocidad, término que puede despreciarse siempre que los cuerpos tienen grandes dimensiones, y que la velocidad no es considerable.

207 Los párrafos precedentes contienen consideraciones, en virtud de las cuales, se puede formar una idéa general de los fenómenos de la resistencia de los fluidos, de las leyes á que está sometida, y de la naturaleza de las fórmulas por cuyo medio se puede representar su valor. Para utilizar estas consideraciones en la práctica, falta indicar lo que los esperimentos han enseñado de cierto sobre la valuacion absoluta de la resistencia en diversas circunstancias. Considerarémos en primer lugar el caso en que el fluido choca directamente á una superficie plana y delgada.

Es necesario notar primero, que *superficies planas delgadas*, por ejemplo, *cuadrados de diversas magnitudes no son cuerpos semejantes*; porque, si el grueso no es proporcional á las otras dimensiones, no pueden ser considerados como cuerpos semejantes. Por consiguiente, el resultado establecido (196) de que *para cuerpos de figuras semejantes, la resistencia es, á velocidades iguales, proporcional á los cuadrados de sus lados homólogos* no puede ser aplicada. En efecto, las observaciones prueban que, á velocidades iguales, la resistencia de una superficie plana crece en mayor relacion que el área de esta superficie. En virtud de los esperimentos del Doctor *Vince* (Transacc. Fil. 1798), la resistencia directa de un plano delgado, que tenía cerca de 2 centímetros (10 líneas españ.[s]) en cuadro, se debe sobre poco mas ó ménos á la altura $1,45\,h$, llamando h la altura debida á la velocidad; es decir, que en la fórmula establecida (198), se tiene $m+n=1,45$; ó que esta resistencia es igual al peso de una columna de fluido, de que el plano delgado fuese la

base, y la altura, una vez y media cerca la altura debida á la velocidad. En virtud de un esperimento de *Mariotte*, la resistencia para un cuadrado de 16 centímetros (unas 80 líneas esp.) de lado, sería debida á la altura de $1,24h$. Y en virtud de este esperimento, *Mariotte* y la *Hire* habían creido poder establecer el principio de que *la impresion directa de una corriente contra una superficie vertical debía medirse por el peso de un prisma de agua que tuviese por base la superficie chocada, y por altura, la caida relativa á la velocidad de la corriente*, el cual tambien lo establece *Belidor*, art. 601 de su *Arquitectura hidráulica*. En virtud de los esperimentos de *Bordá*, la resistencia para cuadrados de 11,16, y 24 centímetros de lado, es debida á las alturas $1,39h$, $1,49h$, $1,64h$. Una tabla publicada por *Smeaton* indica para un plano cuadrado de 31 centímetros de lado el valor $1,9h$. En fin, los esperimentos de *Dubuat* dan para un plano cuadrado de 32 centímetros de lado los valores $1,86h$ cuando es el fluido el que se mueve (es decir, $m=1,19$ y $n=0,67$) y $1,43h$ cuando es el plano el que se mueve en un fluido estancado (es decir, $m=1$, $n=0,43$); pero la gran diferencia que este último resultado presenta respecto del primero, puede escitar algunas dudas, mayormente si se atiende á que está en contradiccion con los precedentes, que casi todos se han obtenido haciendo mover los planos en un fluido en reposo.

208 Aunque estos resultados, obtenidos por diversos Autores, y por procedimientos diferentes, no se conforman de todo punto, parece, sin embargo, que se puede inferir de ellos con una gran probabilidad, que *la resistencia de un plano delgado se debe á una altura como de* 1,4h, *cuando la raiz cuadrada de su superficie se aproxima á* 10 *centímetros* (unas 4 pulgadas esp.), y que aumenta despues con esta superficie, de modo que *viene á ser debida á la altura* 1,9h *cerca, cuando esta raiz cuadrada* es 32 centímetros (unas 14 pulgadas esp.). Sería estremamente útil conocer el valor de la resistencia para planos de mayor estension; pero faltan absolutamente los esperimentos directos. Notarémos, sin embargo, en virtud de las observaciones publicadas por *Mr. Boistard* (esperimentos sobre la mano de obra &c.) que el esfuerzo que resulta del choque del fluido contra las paletas de una rueda, cuya superficie era de 5 á 6 metros cuadrados, ha ofrecido valores que han variado desde $1,86h$, hasta $3,35h$, y cuyo medio es $2,5h$. Este resultado está confirmado por otros esperimentos inéditos. No pretendemos, por lo demas, asimilar enteramente la accion del fluido contra las paletas de una rue-

da, á la que se verificaría contra un plano delgado aislado, y juzgamos que esta última es mas considerable.

Límite de la resistencia en el caso de ser la estension muy grande.

209 En defecto de esperimentos que hagan conocer la resistencia de un plano de grande estension, se puede investigar si esta resistencia, que crece con la magnitud de la superficie, es susceptible de un límite; parece que se puede responder á esta cuestion por la afirmativa. En efecto, en cuanto á la parte de la resistencia que proviene del choque, no puede esceder el esfuerzo que tendría lugar si una vena de fluido cuya seccion igualase á la superficie k del plano, venía á perder contra él todo su movimiento, este esfuerzo está espresado (182) por $pk.2h$. Acerca de la parte de resistencia que proviene de la pesantez del fluido, la presion sobre la superficie anterior no puede esceder á la que sería debida á la carga que espresarémos por z, y por consiguiente se hallará representada por pkz; la presion contra la cara posterior no puede ser menor que cero, lo que tendría lugar si hubiese un vacío exacto contra esta cara. Por consiguiente, el límite de la mayor resistencia, que puede ocasionar un plano, está espresado por $R=pk.2h+pk.z=pk(2h+z)$. Es verosímil que aun para planos muy grandes, la resistencia se halle todavía muy léjos de este límite, sobre todo cuando la velocidad no es muy considerable. Será necesario para el aire, valuando el término $pk.2h$, tener presente la condensacion que este fluido esperimenta delante del cuerpo.

Terminarémos este punto manifestando, que, *como los cuerpos flotantes conducidos por una corriente toman una velocidad mayor que la de esta*, no será inoportuno el que digamos algo sobre este particular.

Se sabe por esperiencia que *los cuerpos flotantes, conducidos por las corrientes de agua, toman siempre una velocidad que escede mas ó ménos á la de la corriente.* Esta circunstancia no merece ninguna consideracion en los casos ordinarios, cuando se estima la velocidad del agua en virtud de la de una pequeña bola flotante en su superficie, porque el esceso de velocidad que ella toma, puede despreciarse, con relacion al grado de exactitud que se debe esperar de este género de observaciones. Como el hecho, que acabamos de referir, no se ha espresado con la debida claridad, juzgamos conveniente detenernos algo sobre este particular. Supongamos que se tenga una corriente cuyo declive representarémos por $\frac{1}{p}$, y concibamos primero un cuerpo flotante que se moviese en ella con una velocidad igual

á la del agua; este cuerpo no sufriría ninguna resistencia por parte del fluido, y por consiguiente se hallaría en el mismo caso que si estuviese puesto sobre un plano perfectamente pulimentado, cuya inclinacion sobre el horizonte fuese $\frac{1}{p}$. Pero entónces el cuerpo estaría sometido, por el efecto de la pesantez, á la accion de una fuerza aceleratriz que obrase en el sentido del plano, y que le hiciese tomar un movimiento uniformemente acelerado, tal que su velocidad aumentaría en un segundo la cantidad g. Por consiguiente, cuando un cuerpo flota sobre el agua, despues de haber tomado una velocidad igual á la suya, propende á tomar un movimiento acelerado, tal que, en cada segundo, la diferencia entre su velocidad y la del agua crezca la cantidad $\frac{g}{p}$, y la tomaría efectivamente si el agua no le opusiese ninguna resistencia. Pero desde que la velocidad del cuerpo principia á esceder á la de la corriente, sufre en sentido contrario de su movimiento una resistencia que crece con la velocidad, y por consiguiente llega bien pronto un término en que la velocidad no puede ya aumentar, y viene á ser uniforme. Esto sucede cuando el peso del cuerpo, descompuesto en el sentido de la inclinacion de la corriente, es igual á la resistencia debida al esceso de su velocidad sobre la del agua.

De la resistencia de un plano delgado cuando el fluido le choca oblicuamente.

210 Las leyes de la resistencia para un *plano delgado, chocado oblicuamente por un fluido*, son casi desconocidas. Se tienen algunas observaciones del Doctor *Vince* en las *Trans. Fil.* año de 1778; pero están hechas en pequeño. El Doctor *Hutton* ha dado otras en el tomo 3.° de su *curso de Matemáticas*, hechas sobre un plano de 0,020644 de metro cuadrado de superficie, movido en el aire con una velocidad de 3,658 metros. Sus resultados que se alejan poco de los del Doctor *Vince*, están representados con una exactitud muy grande en toda la estension del cuarto de círculo, suponiendo la resistencia proporcional á la funcion $(\text{sen. } a)^{1{,}842 \cos. a}$, siendo a el ángulo formado por el plano, con la direccion de su movimiento. Está fórmula podría ser empleada útilmente si se conociese bien la resistencia directa para planos de una estension algo considerable, y si se tuviese certeza de que su composicion no debía mudar cuando la magnitud del

plano aumenta. Notarémos por otra parte que los resultados establecidos por *Bossut*, en virtud de los esperimentos hechos sobre proas angulares, no pueden de ningun modo convenir á planos delgados. Es muy cierto que la ley del seno, y aun ménos la del cuadrado del seno de incidencia, no convienen de ningun modo á planos movidos en un fluido indefinido.

De la resistencia de un prisma movido en el sentido de su eje.

211 Considerémos ahora un cuerpo prismático, cuyos dos estremos están cortados perpendicularmente á sus aristas. Lo primero, sobre que debemos fijar la consideracion, es sobre que si este prisma tuviese muy poca longitud, su resistencia seguiría las mismas leyes que la de una superficie delgada. Despues harémos notar que, segun la antigua teoría, se hacía depender enteramente la resistencia de un cuerpo, de su cara anterior, de modo que un plano delgado ó un prisma cualquiera, cuya base era este plano, se reputaba que resistían igualmente. *Bordá* observó que una esfera, y una semi-esfera por el lado de su convexidad, ofrecían resistencias sensiblemente iguales; de donde infirió que la resistencia era únicamente determinada por la forma del cuerpo ántes de su mayor seccion. Pero esta consecuencia era demasiado precipitada, porque si se hubiera puesto detrás de la semi-esfera una porcion de cilindro del mismo diámetro que ella, se hubiera encontrado un resultado todo diferente. La análisis, que hemos hecho, en virtud de la cual la resistencia de un cuerpo se halla descompuesta (198) en una *presion* sobre la cara anterior, y una *no-presion* sobre la cara posterior, hace formar idéas mas exactas sobre este asunto. Se puede presumir, en virtud de dicha análisis, que la presion sobre la cara anterior debe efectivamente depender solo de la figura de esta cara; pero si se atiende á que el esceso de velocidad que los filetes de fluido adquieren á la inmediacion del cuerpo, es el mayor posible en frente de su mayor seccion, y que disminuye á medida que la distancia aumenta, se deducirá que la *no-presion* debe ser la mas grande, cuando el cuerpo está cortado en el parage de su mayor seccion y no hay popa; y que esta *no-presion* va despues disminuyendo siempre, á medida que la popa es mas larga, hasta una cierta distancia en que la diminucion viene á ser insensible. Estas consideraciones se hallan bien esclarecidas, y probadas hasta la evidencia, por esperimentos ingeniosos debidos á *Dubuat* (Princ. de Hidr. 3.ª parte secc. 1.ª). Habiendo encontrado, que la presion sobre la cara anterior de un plano delgado cuadrado de 32 centímetros de lado, era debida á la altura $1,19h$, siendo h la altura debida á la

velocidad del fluido, ha reconocido que esta presion no mudaba de valor cuando este plano venía á ser la base de un prisma de una longitud cualquiera; pero que la *no-presion* sobre la cara posterior, debida á la altura 0,67h en el caso del plano delgado no era debida sinó á la altura 0,27h para un cubo, y á la altura 0,15h para un prisma, de una longitud tripla de su ancho. Esto conviene á un cuerpo en reposo chocado por una corriente: en el caso en que el cuerpo se mueve, la presion sobre la cara anterior siendo siempre debida á la altura h, la *no-presion* que para el plano delgado de 32 centímetros de lado es debida, segun *Dubuat*, á 0,43h, lo es para el cubo á 0,17h, y para el prisma de una longitud tripla de su ancho á 0,10h.

En virtud de esto, la resistencia de un cubo, ó en general de un prisma, cuya longitud es igual á su ancho, sería debida á la altura 1,46h, cuando el cuerpo es inmóvil, y á la altura 1,17h cuando el cuerpo se mueve. Este último resultado se conforma con un esperimento de *Bordá* (*Memorias de la Academia de Ciencias* 1763) que conduce al valor 1,16h, y con otros citados por *Marguerie*, hechos sobre un cubo de 97 centímetros de ládo (*Memorias de la Academia de Marina*), en virtud de los cuales la resistencia sería debida sobre poco mas ó ménos á la altura 1,21h. Entre los numerosos esperimentos de *Bossut* no hay ninguno sobre un cuerpo cúbico: pero se encuentran muchos sobre prismas cuya longitud era cerca de la mitad del ancho medio; la altura á la cual la resistencia era debida, se ha encontrado ser cerca de 1,6h, tomando un promedio entre los resultados. La superficie de la base del prisma era sobre poco mas ó ménos un metro cuadrado.

212 En cuanto á los prismas que son mas prolongados, la resistencia de un prisma de una longitud tripla del ancho de su base, sería, segun *Dubuat*, debida á la altura 1,34h, cuando el prisma es inmóvil, y á la altura 1,10h cuando se mueve. Hay pues lugar de creer que la *no-presion* posterior, y por consiguiente el valor del coeficiente, disminuyen aun un poco cuando la longitud es mayor; pero entónces el efecto del rozamiento del agua á lo largo de las caras laterales del prisma principia á ser sensible: de modo, que si la longitud del prisma es seis veces su ancho, la resistencia es la misma, ó un poco mayor, que cuando esta longitud es solamente tripla del ancho. *Dubuat* (Princ. de Hidr. 3.ª pte. secc. 1 cap. 6). Si la longitud aumenta mas, tambien aumenta la resistencia. Estos resultados se conforman con los esperimentos de *Bossut* (Hidr. t. 2 cap. 15 y 17), donde, distinguiendo los hechos sobre bateles prismáticos sin proa ni

popa, cuya longitud varía entre dos veces y seis veces el ancho, se observa que la altura debida á la resistencia, varía entre $1{,}2h$ y h cerca. Cuando la parte posterior del batel estaba guarnecido de una popa de base triangular ó semicircular, la resistencia era, á longitudes iguales, un poco menor. Se ve por esto, cómo *Bossut* hallando que la mayor parte de sus esperimentos, cuando los bateles no tenían proa, indicaban resistencias que no se alejaban mucho en mas ó en ménos de la altura debida á la velocidad, había creido deber adoptar este principio, consagrado despues de largo tiempo por una especie de preocupacion, de que *la resistencia directa era debida exactamente á esta altura, é independiente de la longitud y figura de la parte posterior del cuerpo*. Mas los esperimentos que ha hecho sobre bateles tirados á través, es decir, sobre prismas, cuya longitud era sobre poco mas ó ménos la mitad del ancho medio, ofreciendo resistencias mucho mayores, porque los efectos se aproximaban á los que hubieran tenido lugar para un plano delgado, y hallándose por consiguiente en contradiccion con este principio, le han parecido inesplicables: él los ha puesto en un capítulo particular, y aun ha estado á punto de suprimirlos (*Nuevos esp. sobre la res. de los fluidos* 1777 *p.* 122).

De la resistencia de un prisma guarnecido de una proa y de una popa.

213 Examinémos primero el efecto que puede producir la adicion de una popa á un cuerpo prismático, cuya cara anterior permanezca plana, y supongamos que el fluido la choque directamente. En virtud de las consideraciones precedentes, se advertirá que para un cuerpo de esta especie, el coeficiente de h, en la espresion de su resistencia, depende principalmente de la proporcion entre la longitud y el ancho de este cuerpo. La presion sobre la cara anterior permanece siempre la misma, como se ha visto en el párrafo precedente, y el fluido que ha tomado en frente de esta cara su mayor esceso de velocidad, lo va perdiendo poco á poco á medida que se aleja de ella. La *no-presion* será pues tanto menor cuanto el cuerpo se termine mas léjos de su cara anterior. Si se le añade una popa, podrá producir tanto mas efecto cuanto ella prolongue mas el prisma, y cuanto mejor unidas se hallen sus superficies, presentando, hácia su base, elementos ménos inclinados sobre la direccion de la corriente; la *no-presion*, que es siempre normal ó perpendicular á esta superficie, se hallará descompuesta de un modo mas desventajoso á la resistencia. Los esperimentos de *Bossut* confirman estas consideraciones. Las popas añadidas á

prismas, cuya longitud iguale á 4 ó 5 veces el ancho, no disminuyen su resistencia sinó en $\frac{1}{10}$ á lo mas. Ellas la disminuyen tanto mas, á proporcion que sean mas prolongadas y mas agudas.

214 La adicion de una proa á un cuerpo prismático produce mucho mas efecto. Si esta proa tiene una forma propia para dividir fácilmente el fluido, y su superficie se une suavemente sin garrotes con la superficie lateral del prisma, sucede por una parte que los filetes, separándose sobre los lados del cuerpo, toman direcciones poco inclinadas sobre las del movimiento general, y pierden poco de la velocidad que tienen en el sentido de este movimiento, lo que hace poco considerable la presion que resulta del choque; y por la otra que no estando obligados para separarse sobre los lados del cuerpo, á adquirir un gran esceso de velocidad, la *no-presion* se halla tambien disminuida. Los esperimentos de *Bossut* hacen ver que adaptando á un batel prismático, cuya longitud escede á dos veces su ancho, una proa formada por dos planos verticales, teniendo una parte saliente sobre poco mas ó ménos igual al ancho del batel, se reduce la resistencia á cerca de la mitad. Una proa, cuya base es un semicírculo, produce sobre poco mas ó ménos el mismo efecto. Si la salida de una proa triangular es doble del ancho, la resistencia se reduce á los $\frac{2}{3}$ cerca. A salida igual, una proa, cuya base es un triángulo mistilíneo formado de dos arcos de círculo tangentes á los lados del prisma, ofrece sensiblemente ménos resistencia que una proa, cuya base es un triángulo. Las proas formadas de dos arcos de círculo, son aun á salida igual, mas ventajosas que aquellas, cuya base fuese una elipse; porque es necesario al mismo tiempo, para que la resistencia sea la menor posible, que la forma de la proa sea aguda, para dividir fácilmente el fluido, y disminuir la fuerza del choque, y que ella se disponga tangencialmente á los lados del cuerpo para que los filetes de moléculas se aparten poco de la direccion general del movimiento.

215 Muchos bateles navegando sobre los rios, y sobre los canales, de los que el cuerpo es sobre poco mas ó ménos prismático, tienen proas que no son otra cosa que la prolongacion de sus caras laterales, cortadas en la parte inferior por un plano inclinado sobre el horizonte. *Bossut* ha hecho algunos esperimentos sobre una proa de esta especie, de los cuales resulta que, hallándose el plano inclinado el tercio de un ángulo recto, dicha proa ha disminuido en los $\frac{2}{3}$ cerca la resistencia del batel prismático al que estaba adaptada. Habiendo despues trastornado el batel, de modo que la salida de la

proa estaba en la prolongacion del fondo, en lugar de elevarse sobre el agua como en el esperimento, de que se acaba de hablar, el batel ha ofrecido casi tanta resistencia como si no hubiese tenido proa, lo que proviene de que en esta posicion, la proa hacía sufrir al fluido mas dificultad en separarse bajo el fondo del batel, y cooperaba á aumentar el remolino que se formaba delante. Nada es mas propio que la comparacion de estos dos esperimentos para manifestar cuan insuficiente y erronea era la Teoría de la resistencia de los fluidos: pues que sus resultados difieren casi en la relacion de 1, á 3, mientras que ellos deberían ser iguales en virtud de dicha Teoría. Es estraño que *Bossut* no haya hecho ninguna advertencia sobre observaciones que contradicen tan formalmente los principios que él se habia esforzado para hacerlos concordar con sus resultados.

De la resistencia de una esfera.

216 La resistencia de una esfera, si se supone la velocidad poco considerable, y haciendo abstraccion de las circunstancias mencionadas (200 y 201), parece bastante bien conocida. Las observaciones de *Newton*, *Bordá* y *Dubuat* están conformes en dar para la espresion de esta resistencia, un valor un poco superior á 0,5. $p\,k\,h$ (siendo p el peso de la unidad de volúmen de fluido, k la superficie del círculo máximo, y h la altura debida á la velocidad), y que no escede á 0,6. $p\,k\,h$. *Mr. Navier* advierte, que si *Bordá*, habiendo suprimido la mitad posterior de esta esfera, ha encontrado una resistencia casi igual á la de la esfera entera, lo que parece contradecir las consideraciones precedentes, esto proviene sin duda de que esta mitad no alarga bastante el cuerpo para que su presencia pueda originar una diminucion sensible en la *no-presion* que la forma de la parte anterior hace por otra parte aquí muy débil.

217 El valor precedente conviene á todas las velocidades, cuando la esfera se mueve debajo del agua. Pero si se mueve en el aire, el coeficiente aumenta gradualmente con la velocidad, conforme á lo que se ha dicho (201). En virtud de los esperimentos del doctor *Hutton* (Course of Mathematics, T. 3.), la resistencia de una esfera en el aire, se halla espresada por 0,6 $p\,k\,h$ cuando la velocidad es de cerca de un metro (unos $3\frac{1}{2}$ pies esp.). Cuando la velocidad viene á ser sucesivamente 25 (90 pies esp.), 50 (180 pies esp.), 100 (359 pies esp.), 250 (900 pies esp.), y 500 metros (1800 pies esp.), el coeficiente numérico 0,6 toma los valores correspondientes 0,69; 0,70; 0,72; 0,81; 1,04.

De la forma del cuerpo que ofrece la menor resistencia posible.

218 Adoptando los principios de la antigua Teoría, la investigacion del sólido de menor resistencia se reduce á una cuestion de Análisis, que *Newton* ha resuelto el primero. Debe ser bien conocido, por lo que precede, que una solucion fundada sobre dicha Teoría y en que no se toma en consideracion la figura de la parte posterior del cuerpo, no merece confianza. La investigacion del sólido de menor resistencia no puede aun hacerse sinó por esperimentos y tantéos. Así es como se ha llegado en la construccion de los navíos á encontrar las formas que son mas propias para satisfacer á las condiciones á que un buque debe estar sujeto. La de ofrecer al fluido la menor resistencia posible es una de las principales; pero no es la única. Sin embargo, hay motivo para creer, que las secciones horizontales, hechas en la carena de un buque, hácia el medio de su altura, representadas sobre poco mas ó ménos (fig. 58 lám. 4) ofrecen la figura susceptible de moverse en un fluido con el menor esfuerzo posible, á lo que los hombres han sido conducidos en parte por la consideracion de que siendo esta figura la que presentan los peces, no puede ménos de ser la mas adecuada para el objeto. La longitud debe ser cerca de cinco veces el ancho, una mayor prolongacion ó largura puede hacer perder por el aumento del rozamiento, mas de lo que se ganaría por la agudeza de la proa y de la popa. Ademas, el dar la competente solidez á un buque, demasiado largo en comparacion de su ancho, es sumamente dificultoso. Así es, que yo he visto un buque sobre el Rin, que habiendo aumentado escesivamente su longitud para ponerle cuatro palos, sin aumentar proporcionalmente el ancho, no pudo servir. La mayor seccion debe estar situada, delante del medio de su longitud, así como se usa, y conforme á lo que *Chapman* ha encontrado por esperimentos directos (*Tratado de la construccion de los navios* p. 39). Detras de la mayor seccion, el ancho debe disminuir primero muy poco, á fin de que la *no-presion* en el parage donde la velocidad del fluido es la mayor, se encuentre descompuesta, de modo que produzca poca accion en el sentido de la longitud del cuerpo.

La resistencia de un buque es sobre poco mas ó ménos el $\frac{1}{6}$ de la de un prisma, cuya base tuviese la figura de la varenga maestra.

219 En virtud de los esperimentos de *Bossut*, un prisma cuya seccion tuviese la forma de la *varenga maestra de un buque*, y

cuya longitud era cerca de cinco veces el ancho, ha ofrecido una resistencia un poco mayor que $p\ k\ h$, siendo k la superficie de la seccion; y h la altura debida á la velocidad. Un modelo de buque, cuya *varenga maestra* era igual á la seccion del prisma precedente, ha ofrecido una resistencia sobre poco mas ó ménos igual al $\frac{1}{6}$ de la del prisma. En virtud de lo cual, podrá formarse idéa de la resistencia de los buques movidos en el sentido de su eje longitudinal.

De la forma del cuerpo que ofrecería la mayor resistencia posible.

220 Si el cuerpo de los buques debe tener las formas adecuadas para ofrecer la menor resistencia al choque del agua, sus velas deben, al contrario, estar dispuestas de modo que reciban del choque del viento el mayor esfuerzo posible. En virtud de lo que precede, se debe juzgar que un plano dista poco de satisfacer á esta condicion, y que es necesario darle el menor espesor. Si se encurvase hácia adelante, se disminuiría la presion sin aumentar la *no-presion*; pero si se encurvase hacia atras, y la superficie presentase al choque del fluido su concavidad, la presion podría ser aumentada sin que la *no-presion* fuese disminuida sensiblemente, en tanto que la sagita de la concavidad no escediese al $\frac{1}{4}$ ó al $\frac{1}{3}$ del ancho de la superficie. No es pues sin razon el hallar ventaja los Marinos en no estender enteramente sus velas.

De la forma del cuerpo, de que una de sus caras ofreciese la mayor y otra la menor resistencia posible.

221 Hay máquinas en que se necesita emplear un cuerpo con la condicion de que, estando chocado por un fluido en una de sus caras, reciba el mayor esfuerzo, y que estando chocado por la cara opuesta reciba el menor esfuerzo posible. Se han servido para este efecto de una semiesfera y de un cono. Parece que una superficie intermedia entre las dos, tal como lo indica la (fig. 59 lám. 4) satisfaría mejor á la condicion espresada.

Aplicacion de la doctrina, que acabamos de esponer, para determinar la cantidad de accion necesaria para conducir los barcos á la sirga en los canales y en los rios.

222 Llegamos ya á un punto de la mayor importancia, y que no se puede poner en duda, corresponde al objeto de esta obra. Y como podrá suceder que alguno haya reputado, como estraño, parte de lo espuesto hasta aquí en la seccion anterior y en la presente, no podemos ménos de indicar que con dificultad se podrá citar una sola idéa, de las que contienen dichas secciones que no conduzca á servir de

fundamento á los principios en que estriba lo que vamos á esponer. Y como no se suelen tener idéas exactas, de la razon que hay para que el trasporte de los géneros y mercancías resulte por agua con tanta facilidad, y por consecuencia con tan pocos gastos, nos parece oportuno indicar lo conveniente para ilustrar esta materia, mayormente cuando de nuestras propias investigaciones resultan ventajas considerables sobre que nadie ha llamado todavía la atencion.

La base científica sobre que reposa el trasporte por agua se funda en lo demostrado (§ 524 Mec.), á saber: que *cuando un cuerpo tiene un peso específico menor que el agua, y se sumerge en este líquido, sobrenada una cierta porcion, de tal modo que el peso de todo el cuerpo es igual al peso de un volúmen de agua igual á la parte del cuerpo que está sumergida.* Por esta causa, cuando se bota al agua un buque ó batel cualquiera, sobrenada en este líquido; y á proporcion que se le va echando carga, va sumergiéndose mas. Si en cualquier caso nos interesa averiguar cuanto pesa el buque con la carga y tripulacion que tiene, bastaría determinar el volúmen de su parte sumergida, ó el volúmen de agua que desalojaría, introduciéndolo en un estanque de figura determinada, lleno hasta una cierta altura; y observando hasta donde subía el agua cuando el buque tenía la carga; ó si enrasaba el agua por la parte superior ó con una salida, midiendo la cantidad de agua que la entrada del buque hacía salir del estanque. Pues calculado el volúmen de agua que se aumenta, se vería el peso de este volúmen, y este sería el del barco juntamente con la carga. Este podía ser un medio para encontrar directamente lo que pesa un barco vacío; lo cual interesa para saber la carga que se le puede echar con relacion á la potencia que se ha de emplear, ó para determinar la potencia que se le debe aplicar cuando de antemano se sabe el peso del barco y la carga.

Sabiendo ya el peso del barco y de la carga, y determinada la velocidad, ya por la naturaleza de la cuestion que puede ó no prefijar el tiempo en que se ha de llegar á un punto determinado, ó ya por la naturaleza del motor que se ha de emplear, resulta siempre que la potencia que se ha de aplicar para trasportar el barco, se halla representada por el peso de un prisma de agua, que tenga por base la mayor seccion perpendicular á la direccion de la parte sumergida del barco, y por altura la debida á la velocidad que ha de llevar el barco, si el fluido está en reposo, ó á la suma de la velocidad del barco y la de la corriente cuando este sube por ella, ó á la

diferencia entre estas dos si baja; y este producto se ha de multiplicar por un coeficiente numérico, que depende de la forma del barco.

Para que se nos comprenda con mas facilidad, y presentar un ejemplo que pueda servir de norma, nos propondrémos la siguiente cuestion; supongamos que *en el canal de Manzanares inmediato á Madrid, se tenga un barco ó batel de 15 pies de ancho; que su longitud sea de 60, que su cuerpo sea sobre poco mas ó ménos prismático, que tenga una proa en los términos que hemos prefijado* (214), *sumergiéndose en el agua dos pies, y que nos propongamos hacer correr al barco pie y medio español por segundo. Se trata de hallar la cantidad de efectos que conducirá este barco, y la potencia que se deberá emplear para conseguirlo.*

Ante todas cosas conviene determinar la superficie de la seccion perpendicular al eje del barco; y como el cuerpo de este le suponemos sobre poco mas ó ménos prismático, dicha seccion será un rectángulo, en que uno de los lados tendrá 15 pies, ancho del barco, y el otro 2 pies, que es el tirante de agua, ó lo que cala el barco. Por consiguiente, dicha superficie es 30 pies. La velocidad es $1\frac{1}{2}$ pies por segundo; y como en el canal de Manzanares podemos prescindir de la velocidad del agua, por ser sumamente corta, no se necesita añadir ni quitar nada á esta velocidad. Si fuese sobre un rio ó canal que tuviese medio pie de velocidad por segundo, por ejemplo, sería necesario añadir esta velocidad á la dada de $1\frac{1}{2}$ pies, para cuando el barco subiese contra la corriente, y quitarla para cuando bajase. Mas puesto que aquí podémos prescindir de la velocidad, no tenemos que hacer mas que hallar la altura debida á esta velocidad; (§§ 50 y 51 Mec. Pract.); y teniendo presente que la fuerza de la gravedad en Madrid es 35,1 pies; hallamos que la espresada altura, debida á la velocidad de $1\frac{1}{2}$ pies es $\frac{(1\frac{1}{2})^2}{70,2} = \frac{\frac{9}{4}}{70,2} = \frac{9}{280,8} = 0,032$ de pie. Multiplicando esto por los 30 pies de superficie, resulta un volúmen de agua de 0,96 de pie cúbico. Ahora, esto se debe multiplicar por el coeficiente numérico que conviene á la forma del barco. Hemos dicho (214) que en virtud de los esperimentos allí citados, resultaba que en este caso la resistencia se reducía *casi á la mitad*; supongamos, para calcular siempre algo subido, que se reduzca á 0,6; deberémos multiplicar 0,96 por 0,6; y el producto 0,576 nos manifiesta, que *para tirar del barco se necesita el mis-*

mo esfuerzo que para tirar de un peso igual al de un volúmen de agua espresado por 0,576 de pie cúbico. Ahora, como el pie cúbico de agua pesa unas 47 libras, las 0,576 de pie cúbico pesarán 27 libras. Luego el esfuerzo que se necesitará para tirar de este barco, es el mismo que se necesitaría para tirar de una cuerda que, pasando por una poléa fija, levantase verticalmente un peso de 27 libras á $1\frac{1}{2}$ pies españoles por segundo. Ahora bien, segun lo espuesto (núm. 13 de la tabla 1.ª del § 151), el esfuerzo que un hombre puede ejercer tirando en una direccion horizontal, es de 26,1 libras españolas, andando 2,2 pies por segundo. Pero como aquí solo se quiere que camine $1\frac{1}{2}$ pies por segundo, resulta que un hombre podrá muy descansadamente conducir este barco, pues el pequeño esceso de 0,9 que las 27 libras llevan á las 26,1, queda mucho mas que suficientemente recompensado, con ser la velocidad con que ha de caminar solo las tres cuartas partes de la velocidad con que puede conducir las 26,1 libras. Calculémos ahora el peso que conducirá por este medio el hombre.

Puesto que el cuerpo del buque es prismático sobre poco mas ó ménos, y la superficie de la seccion es de 30 pies cuadrados, multiplicando esto por los 60 pies de largo que tiene el barco, resultará un volúmen de 1800 pies cúbicos. Luego el hombre podrá trasportar por este canal el peso de 1800 pies cúbicos de agua: que multiplicados por 47 libras que pesa cada uno; resulta que podrá trasportar por este medio 84600 libras, comprendido el peso del barco; que es 3133 veces mayor que la fuerza de 27 libras que se empléa.

El hombre puede soportar este trabajo durante 8 horas al dia sin fatigarse demasiado. Por consiguiente, en las espresadas 8 horas, á razon de $1\frac{1}{2}$ pies por segundo, hará trasportar este peso á 43200 pies de distancia, que son dos leguas de á 20000 pies y 3200 pies que hacen $\frac{4}{25}=0,16$ de una legua; es decir que trasportará 84600 libras á 2,16 leguas ó 3384 arrobas á la distancia de 2,16 leguas. Luego, si suponemos que el trasporte de dichos géneros se pague al mismo precio que hemos supuesto en la cuestion resuelta (§ 151), es decir que se pague á razon de 8 maravedises por arroba y legua, para encontrar el valor de lo que importará dicho trasporte, no habrá mas que multiplicar las 3384 arrobas por 2,16 y por 8 maravedises, lo que nos dará 58475, 52 maravedises, que hacen 1719 reales y 29 y medio maravedises. Si se compara este valor con el triste jornal que un hombre puede ganar al dia, y con mu-

cha mas fatiga, en cualquier género de trabajo, como es cavar, trasportar materiales en las obras &c. &c. no se podrá ménos de conocer la inmensísima ventaja que proporciona el trasporte por agua.

Si queremos otra comprobacion decisiva de esta verdad, pero independiente del jornal que se paga, el cual es variable con el trabajo, la estacion, el obrero &c., hagamos esta comparacion en abstracto, solo por la consideracion de lo que podrá ganar este hombre trasportando géneros sobre su espalda. En este caso, por lo que aparece (núm. 4 de la tabla 1.ª § 151), resulta que un hombre viajando con un peso sobre su espalda puede conducir 86,9 libras con la velocidad de 2,7 pies por segundo; pero este trabajo puede solo durar 7 horas al dia como allí mismo se espresa; luego en las mencionadas 7 horas conducirá dicho peso de 86,9 libras á 68040 pies de distancia, que hacen 3,4 leguas. Resulta, pues, que como las 86,9 libras equivalen á 3,476 arrobas, el valor que este hombre ganaría en el dia estará espresado por el producto de 3,476, que son las arrobas, por el mencionado número 3,4 que espresa las leguas y por 8 maravedises, precio del trasporte por arroba y legua; lo que dá 94,55 maravedises, que hacen solo 2 reales y 26 y medio maravedises. Donde se ve que el mismo hombre por este medio apenas ganaba para su propio sustento, con una fatiga mas penosa sin disputa alguna.

Las 3,476 arrobas conducidas á 3,4 leguas, es lo mismo que 11,82 arrobas á una legua. Las 3384 arrobas que, tirando á la sirga, podía transportar á 2,16 leguas, equivalen á 7309,44 arrobas trasportadas á 1 legua. Y dividiendo las 7309,44 por 11,82, resulta que el efecto que un hombre puede producir en el trasporte de los géneros á la sirga en un canal ó rio es mas de *seiscientas diez y ocho veces mayor que el que puede efectuar con mucha mas fatiga llevando géneros sobre su espalda.* Este solo hecho convence, del modo mas positivo, de la utilidad que produce el trasporte por agua, y de que, por grandes que sean los sacrificios que puede costar el realizar estas comunicaciones acuáticas, son escesivamente mayores las ventajas que dicho trasporte proporciona.

Si hubiéramos querido hacer trasportar el batel con una velocidad de 3 pies por segundo, tendríamos que la altura debida á esta velocidad sería $\frac{(3)^2}{2g} = \frac{9}{2.35,1} = \frac{9}{70,2} = 0,128$ de pie, y tomando las 0,6

de esta altura, será 0,0768, y multiplicando esto por 30, superficie de la seccion, resultará 2,304; lo que nos manifiesta que la resistencia en este caso es la misma que se necesitaría para elevar un peso equivalente á 2,304 pies cúbicos de agua, y como el pie cúbico de este líquido pesa 47 libras, es lo mismo que elevar un peso de 108 libras á un pie de altura, que ya no solo un hombre, ni dos podrían llevarle, ni tampoco se podría conseguir este objeto por un número cualquiera de hombres, á causa de que el hombre cargado en un trabajo continuo no podría caminar á razon de 3 pies por segundo, sinó muy poco tiempo.

En este caso, será necesario hacer uso de una caballería mayor. Segun el núm. 17 de la tabla segunda § 151, una caballería mayor ó un caballo podrá conducir al paso 89,14 libras andando tres y medio pies por segundo. Esto da una cantidad de accion, como se ve en la misma tabla, de 3,12 quintales ó 312 libras elevadas á un pie de altura en un segundo. Si multiplicamos las 108 libras, que ahora se necasitan ejercer, por los 3 pies que se han de andar por segundo, resulta que se necesita ejercer una cantidad de accion espresada por 324 libras en un segundo, que escede en 12 libras elevadas á 1 pie, al esfuerzo que tenemos calculado para una de nuestras caballerías mayores por término medio, que viene á ser $\frac{1}{27}$ de dicha cantidad de accion. Pero los valores que contienen las tablas se deben considerar como términos medios aproximativos; y $\frac{1}{27}$ de estos resultados es el menor de los límites en que puede variar dicho término medio. Luego no nos separarémos gran cosa de la verdad, suponiendo que uno de nuestros caballos ó caballerías mayores puede hacer el espresado trasporte; y todo lo mas está reducido á elegir una caballería de las mas robustas, y á darla bien de comer y cuidarla con mas esmero, para que resista dicha fatiga, por el esceso de $\frac{1}{27}$ sobre el término medio calculado.

En este supuesto, en las 8 horas, á razon de 3 pies por segundo, la caballería andará 86400 pies, ejerciendo el esfuerzo conveniente para el trasporte de las mismas 3384 arrobas de peso. Estas 3384 arrobas conducidas á 4,32 leguas á razon de 8 mrs. por arro-

ba y legua, dan un valor de 116951 mrs. que hacen 3439 rs. y 25 mrs. Y esta ganancia que puede dar en un solo dia una de nuestras caballerías mayores es mas que el valor que ella podrá costar.

En todos los resultados de la Mecánica, es una ley general, que *lo que se gana en fuerza, se pierde en tiempo ó en velocidad*; pero en el trasporte de los géneros por agua no sucede así. Aquí el tiempo, que se gastará en andar una legua por ejemplo cuando se camina 1½ pies por segundo, será doble del que se necesita para andar el mismo espacio corriendo 3 pies por segundo; y parecerá, en virtud de lo que sucede en las máquinas, segun hemos hecho ver (§ 265 Mec.) que esto debe quedar compensado empleando un esfuerzo doble en el segundo caso. Pero no sucede así, es preciso emplear un esfuerzo cuádruplo; pues 108 libras es cabalmente el cuádruplo de las 27 libras que se necesitan en el primero. Lo cual comprueba, que *las resistencias son proporcionales á los cuadrados de las velocidades*, como teóricamente hemos demostrado (182), y hemos hecho ver (195) que la *esperiencia* lo tiene comprobado. De donde resulta, que en el trasporte por agua, es mas ventajoso caminar despacio que de prisa; lo cual no es por lo general un grande inconveniente; pues en los trasportes de los géneros, á no ser los pescados, las frutas y algun otro efecto en que el tiempo causa deterioro, nada importa por lo regular el tiempo que se empleé en la conduccion.

223 Sentado esto, no puedo ménos de espresar aquí mi opinion del modo mas positivo acerca de que *se ganaría mucho en general, y con mucha mas particularidad en España, sustituyendo los bueyes ó las vacas á las caballerías mayores en la conduccion de las barcas ó barcos á la sirga* *.

---

* El diálogo segundo de Juan Arrieta, que se inserta pág. 215 y siguientes del tomo cuarto de la Agricultura general de *Gabriel Alonso de Herrera*, edicion hecha por la Real Sociedad Económica Matritense año de 1819, *trata la causa de la carestía y falta de mantenimientos y caballos y otras cosas, y se pone remedio para que todo vuelva á lo que solía, y los bastimentos á los precios pasados*; y en la pág. 219 se espresa: "Digo, pues, que la causa y total perdicion de España ha sido y es dejar de arar y sembrar, y carretear y trillar con bueyes en lo mas y mejor de ella; y haberse introducido y inventado las....... ..(no pongo el nombre del objeto inmundo, que por desgracia es tan conocido entre nosotros, por no manchar mi obra designando un animal bastardo, estéril, irregular y monstruoso, cuya existencia no solo repugna á la sana razon y á la naturaleza, sinó que aun presenta continuamente un ejemplo de corrupcion) en su lugar, cuyos gastos son excesivos, y su labor mala, pestilencial, inútil y muy perniciosa, y la de los bueyes, buena, útil y maravillosa, y la podemos llamar natural......

Pág. 222.. ... »y está averiguado que lo que dos pares de...... y aun

En efecto, el buey se puede suponer que camina á su paso natural solo dos tercios de lo que anda un caballo ó una caballería mayor al paso, que es 3,5; pero el esfuerzo del buey se puede suponer equivalente vez y media el del caballo; luego el efecto total será el mismo, por ejemplo en el buey conduciendo un peso en una carreta ó subiendo un peso que en el caballo, como se ve en los valores de la columna 6.ª de la tabla segunda del § 151 correspondientes á los números 17 y 19; pero no sucede así tirando de un barco á la sirga. Para demostrarlo, *supongamos que en el canal de Castilla se quiera efectuar el trasporte á la sirga*, y calculemos en dinero, las ventajas que resultarán diariamente, por las leyes vigentes, de verificar el trasporte por un buey en vez de hacerlo por un caballo ó por una de nuestras caballerías mayores.

Por el artículo 10 de la Real Cédula de 17 de marzo de 1831 encargando la empresa del canal de Castilla á una compañía, se fija la tarifa de navegacion por dicho canal á *dos* maravedises por arroba y legua, ínterin no se concluyen los tres ramales, y á *tres* maravedises cuando estén concluidos.

La fuerza de la gravedad en el canal de Castilla la podrémos supo-

tres no hicieren, que lo hará un par de bueyes por sus terribles y grandes fuerzas.

Pág. 223...... »se ve de ordinario que las tierras siempre labradas con bueyes acude la tercia parte mas, y el trigo echa muchos hijos y es mejor, y la anega pesa diez libras mas, poco mas ó ménos, y es de mejor sustancia, mantenimiento y sabor...... y si fuesen (los bueyes) unidos por los pescuezos, y los yugos cortos, y sobeos muy atados, como en Italia, Galicia y otras partes, tirarían al doble y caminarían mas y mas descansados y aun vivirían mas......

Pág. 248...... »determinaron volver á los bueyes; están ricos, abundantes, sin necesidad; y si todos así lo entendiesen y lo hiciesen, veriades abundar en pocos años el reino de ganado, y por el consiguiente carne, tocino, cecinas, leche, sebo, cera, queso, manteca, cabritos, terneras, gallinas, huevos, pollos y otras muchas cosas y regalos de que ahora tenemos falta y carestía. De manera que como agora traen estas cosas de fuera del reino, y nos sacan nuestro dinero, nos traerían el suyo para comprar lo que agora nos venden, y así podría tornar España á la fertilidad y abundancia de aquellos siglos dichosos, recobrando el nombre y fama debida de fértil, abundosa y rica, y poderosa de armas, caballos y navíos, entre todas las mejores y mas señaladas provincias del mundo, como lo dice Tito Livio y otros, como está dicho.''

En la adicion puesta por mi consocio y amigo Don José Elizondo, se confirma y desenvuelve mas la idéa de las ventajas que pueden proporcionar los bueyes, reemplazando á los demas animales, tanto arando como tirando de los carruages &c., y habla pág. 250 de la comparacion que el célebre Aleman *Thaer* hace en sus *Principios razonados de Agricultura*, de la labor de bueyes comparada con la de los caballos, únicos competidores en su pais, ``sacando por resultado que el coste de un par de bueyes

ner igual á la de Madrid sin error sensible, segun lo espuesto (§ 30 libro 3.º).

Un caballo ó una de nuestras caballerías mayores puede trabajar 8 horas al dia, lo mismo que el buey. La caballería mayor ó caballo andando al paso, camina 3,5 pies esp. por segundo; luego en las 8 horas caminará 100800 pies, que hacen 5,04 leguas esp. Dicha caballería con esta velocidad, caminando al tiro, puede reputarse su esfuerzo en levantar 89,14 libras esp. á $3\frac{1}{2}$ pies en un segundo. Debemos averiguar directamente la carga que podrá llevar con dicha velocidad, sin ningun esceso de fatiga, sinó en su trabajo regular.

Debe pues reducirse la espresion ((I) § 198) á ser en este supuesto la resistencia $R=89,14$ libras, suponiendo $m+n=0,6$, y representando k la seccion del barco, en la cual conocemos el ancho que es 15 pies, y nos es desconocido el tirante de agua ó lo que calen los barcos, que si lo suponemos espresado por z será $k=15.z$; la altura h debida á la velocidad, será igual con

$$\frac{(3\frac{1}{2})^2}{70,2}=\frac{\frac{49}{4}}{70,2}=\frac{49}{280,8}=0,176;$$

luego si sustituimos estos valores en dicha espresion (I), deberémos

---

de rebezo está en razon de la de un par de caballos, como 2,03 á 2,54, es decir, que sosteniendo un labrador cuatro bueyes en lugar de dos caballos, ahorra cerca de una cuarta parte de su coste, sin contar la indemnizacion que da el buey inútil, cuyo valor en la carnicería es casi igual al de su primera compra; siendo ademas incontestable que siempre cuatro bueyes, trabajando cada par alternativamente en un dia, que es lo que se llama labor de rebezo, trabajan mas que dos caballos, como el gayan sea tan constante como ellos en el trabajo."

Despues se inserta en la espresada adicion el cómputo hecho por Don Miguel de Maurueza, cuando adicionó el Despertador de Arrieta, en el cual se demuestra la utilidad de los bueyes con la mayor exactitud, escrupulosidad y estension: no dejando la menor duda sobre la certeza del resultado de los cálculos del coste de las labores de bueyes y de los otros animales inmundos que compara; y parece imposible que en mas de dos siglos y medio que hace se publicó la primera vez en Madrid el *Despertador de Juan de Arrieta,* donde con tanta evidencia se demuestra la verdad de las ventajas del uso de los bueyes para todo género de operaciones, nos hallemos sobre poco mas ó ménos en el mismo estado. Por lo cual, me ha parecido indispensable hacer estas indicaciones, á fin de ver si puedo contribuir á la propagacion de un animal, cuyo nombre solo que se deriva de una palabra que significa *nutrir*, manfiesta que fué criado por el Ser Supremo para sustentar y aliviar al hombre en todas sus penalidades, y que el hombre por su tenacidad en proceder contra el órden de la naturaleza padece tantos infortunios.

tener $89,14=0,6.47.15.z.\ 0,176=74,448.z$; lo que da

$$z=\frac{89,14}{74,448}=1,197.$$

Resulta, pues, que el barco solo calará 1,197 pies. En este caso la superficie k estará representada por 15. 1,197=17,955. Y el peso que se podrá trasportar, es el de un volúmen de agua representado por el producto de esta superficie por 60 pies que tiene de largo el barco, lo que dará 1077,3 pies cúbicos de agua; que, á razon de 47 libras que pesa el pie cúbico de agua, hacen 50633,1 libras ó 2025,32 arrobas, trasportadas á 5,04 leguas, comprendiendo en ellas el peso del barco. Supongamos que el barco pese 100 arrobas; quedarán 1925,32 arrobas de géneros trasportados, que, á razon de los 3 mrs. por arroba y legua, que espresa el citado art. 10 de la mencionada Real Cédula, cuando los tres ramales estén construidos, resultará para el valor del trasporte diario de dicha caballería mayor, el producto de 1925,32×5,04×3 mrs.= 29110,989 mrs. que hacen 856 rs. y cerca de 7 mrs.

Veamos ahora lo que resulta empleando el buey ó vaca en dicho trasporte. El paso regular del buey ó vaca, se puede graduar en los dos $\frac{2}{3}$ del de nuestras caballerías; y siendo $3\frac{1}{2}$ pies el de estas, será el del buey ó vaca 2,333 &c.$=\frac{7}{3}$ de pie esp. El esfuerzo del buey ó vaca se puede reputar igual á vez y media el de una caballería; luego se deberá reputar en 133,7 libras esp., caminando 2,333 &c. $=\frac{7}{3}$ pies por segundo. Debemos ahora investigar cual es el tirante de agua, ó lo que debe calar el barco, para que la espresion ((I) § 198) se convierta en 133,7 libras, sustituyendo los datos de la cuestion. Ante todas cosas debemos averiguar la altura h que corresponderá á la velocidad de $\frac{7}{3}$ pies; y tendrémos (§§ 50 y 51 Mec. Práct.)

$$\frac{(\frac{7}{3})^2}{70,2}=\frac{\frac{49}{9}}{70,2}=\frac{49}{631,8}=0,078.$$

Por consiguiente, si sustituimos en dicha ecuacion 133,7 en vez de R; 0,6 en vez de $m+n$, 47 libras en vez de p; $15.z$ en vez de k y 0,078 en vez de h, tendrémos $133,7=0,6.47.15.z.0,078=32,994.z$; lo cual da $z=4,053$. Luego esto será lo que cale el barco. Por consiguiente, la superficie de la seccion del barco perpendicular á su longitud, será el producto de 15 pies, que es el ancho, por esta al-

tura que resulta ser de 60,795 pies superficiales; y multiplicando esto por la longitud del barco que es de 60 pies, tendrémos 3647,7 pies cúbicos de agua, cuyo peso será el de los géneros que podrá trasportar el buey ó vaca andando $\frac{7}{3}$ de pie por segundo, que multiplicado por 47 libras que pesa el pie cúbico, se tienen 171441,9 libras, y dividiendo por 25 libras que tiene la arroba, resulta que podrá trasportar 6857,676 arrobas.

Mas como el buey ó vaca solo puede andar $\frac{7}{3}$ de pie en un segundo, resulta que en las 8 horas solo podrá andar cómodamente en un trabajo contínuo 67200 pies, que son 3,36 leguas.

Por consiguiente, para valuar el producto del jornal del buey ó vaca ó la ganancia que producirá al dia, en nuestro supuesto de ántes, esto es, á razon de 3 mrs. por arroba y legua, nos resultará que el valor de dicho jornal estará espresado por el producto de 6757,676 que son las arrobas, despues de rebajadas las 100 arrobas, que suponemos que pesa el barco; por 3,36 que son las leguas, y por 3 mrs. que es el precio del trasporte por arroba y legua: lo cual dará 69125,4 mrs. que hacen 2033 rs. y 3 mrs. que es cerca de dos veces y media mayor, que la ganancia que resulta por el caballo ó por la caballería. Es verdad, que la caballería efectuará el trasporte en ménos tiempo; pero la relacion del tiempo en que lo efectuará el caballo con el tiempo en que lo efectuará el buey, es la razon de 2 á 3; y la relacion de la ganancia que da la caballería con la que da el buey ó la vaca, están en la relacion de 856 á 2033 que es la de 1 á 2,3; y estas relaciones distan mucho de ser iguales.

El precio de un buey ó de una vaca podrá ser en los parages por donde va el canal de Castilla de unos 500 rs. á lo mas; luego con lo que un buey puede ganar en un dia trasportando géneros por dicho canal hay para comprar cuatro bueyes ó vacas. ¿Hay pues, una especulacion mayor en el mundo, cual es esta, en que en un solo dia se cuadruplica el capital? ¿Y no deberé yo dar por bien empleadas mis investigaciones y penalidades para llegar á esta conclusion? Y el lector ¿no habrá dado por bien empleado el tiempo gastado en leer estas dos secciones, cuyo contenido acaso le habrá parecido estraño al asunto, y que sin embargo era casi todo sumamente esencial para establecer los principios luminosos que sirven de base á la resolucion de esta cuestion?

Resulta, pues, de todo esto que son incomparables las ventajas que resultan del trasporte por medio del buey ó vaca, al que se haga por caballos ó caballerías mayores. Reuniéndose ademas de lo di-

cho (151) que en cualquier momento en que el buey ó vaca padece algun deterioro se puede sacar de su carne y demas despojos casi todo el capital, á causa de ser útil cuanto de él resulta; puesto que hasta las raeduras de sus astas, que son los desperdicios, despues de hechos los peines y demas artefactos que con ellas se ejecutan, son sumamente ventajosas para el abono de las tierras arcillosas, por la propiedad que tienen de hacerlas esponjosas. Sobre cuyo punto solo advertirémos que al buey ó vaca se le puede esforzar sin inconveniente aumentando la carga ó el número de horas de trabajo al dia; pero que jamas conviene sacarle de su paso natural.

Pero el ser la resistencia proporcional al cuadrado de la velocidad, puede aun ocasionar el que el trasporte á la sirga sea todavía mas ventajoso haciéndose por hombres que por caballos y bueyes; sobre cuyo punto nada hemos visto escrito, y es una idéa que se debe meditar, y que yo he visto realizada en el canal de *Givors* á *Rive-de-Gier*, entre *Lion y S.t Etienne.*

Dicho canal tiene 30 pies franceses de ancho, 8 pies de alto y 6 pies de agua. Los barcos por término medio tienen 60 pies de largo; de 10 á 12 pies de ancho y 6 pies de profundidad. Son bastante chatos por abajo. Cada barco carga 2000 quintales. Su tripulacion consiste en tres hombres, dos tiran del barco y uno va dentro descansando y cuidando al mismo tiempo de que el barco vaya como corresponde.

Hemos dicho en diferentes partes de nuestras obras, y en esta repetidas veces, que el hombre, considerado como motor, es el mas caro de todos. Sin embargo, el hombre tirando á la sirga puede ser mas ventajoso que el caballo ó caballería mayor y aun que el buey en algunas ocasiones. Por ejemplo, para el trasporte por agua cuando no hay camino de sirga; y aun cuando lo haya puede ser ventajoso en algunas circunstancias; porque, estando dotado de inteligencia, puede ejercer su impulso á medida que se necesite, y disminuyendo la velocidad por una parte el hombre puede ejercer mayor impulso, y por otra, como la resistencia disminuye en razon de los cuadrados de las velocidades, podrá suceder que por el concurso de estas dos circunstancias, resulten mayores ventajas de hacer el trasporte á la sirga por hombres que de hacerlo no solo por el caballo, sinó aun lo que es mas raro por el buey.

Ante todas cosas, cuando no hay camino de sirga, no hay duda que con hombres se puede hacer el trasporte y no por ninguno de los otros medios, porque el hombre puede pasar por cualquier derrumba-

dero ó aun á nado, los pasos difíciles sin tirar; y cuando llegue á un parage cómodo, puede tirar por su fuerza muscular, ó por la cuerda que pase por una poléa que afirme en algun árbol ó piedra, y la vaya trasportando donde convenga. Y en virtud de los principios que dejamos sentados, será fácil determinar cual deberá ser la velocidad con que el hombre debe caminar para efectuar el trasporte aun con mas ventajas que el buey; sobre cuyo punto debemos advertir que sin andar el hombre mas que 8 horas al dia, el barco puede caminar 12 horas. En efecto, supongamos que los tres hombres se remudan de hora en hora, y que sean *A*, *B*, *C*. En la 1.ª hora, tiran *A* y *B*; en la 2.ª *B* y *C*; en la 3.ª *C* y *A*; en la 4.ª *A* y *B*; en la 5.ª *B* y *C*; en la 6.ª *C* y *A*; en la 7.ª *A* y *B*; en la 8.ª *B* y *C*; en la 9.ª *C* y *A*; en la 10.ª *A* y *B*; en la 11.ª *B* y *C*; y en la 12.ª *C* y *A*; donde aparece que cada uno de los hombres trabaja solamente 8 horas, y el barco anda 12.

Terminarémos esta materia, sin distraernos de nuestro objeto, manifestando que *el agua convertida en vapor suministra una fuerza motriz, que ofrece los mayores recursos al hombre*; y como dicha fuerza se empléa como se quiere sin limitacion ninguna, segun hemos indicado (Mec. Ind. I P. II C.), resulta que el *máximo* de ventajas que se podrán obtener para el trasporte de los géneros por los canales y los rios, será *cuando se emplease el vapor como potencia motriz y con poca velocidad*; debiendo advertir que para la aplicacion del vapor tampoco se necesita camino de sirga. Y como el vapor obra sin intermision, resulta que podrá continuar las 24 horas del dia; en cuyo caso, con la tercera parte de velocidad que el caballo ó que el buey, andará lo mismo en el dia, conduciendo nueve veces mas carga, en atencion á que *la carga crece á igualdad de potencia ó de fuerza en razon inversa del cuadrado de la velocidad.*

Con lo espuesto juzgamos haber hecho cuantas indicaciones pueden convenir en los diferentes casos que ocurran en la práctica, para sacar en todas ocasiones, el mejor partido que presenten las circunstancias. ¡Quiera el cielo que estas investigaciones produzcan el efecto correspondiente, y que los Españoles lleguen á ser tan felices como yo deséo!

SECCION TERCERA.

Exámen comparativo de la cantidad de accion y efecto dinámico que producen las diferentes ruedas hidráulicas, dando á conocer las que yo tengo inventadas, para que produzcan mayores ventajas en las aplicaciones á la industria.

224 En general, se suele designar indistintamente bajo el nombre de *máquina hidráulica*, todo aparato que sirve para levantar el agua, ó que se mueve por el impulso de una corriente de este líquido. Los agentes, motores, ó causas, que producen el movimiento en el primer caso, pueden ser cualquiera de los que designamos en la primera parte de nuestra mecánica industrial (II C.). Y como uno de estos motores es el agua, resulta que, *cuando el agente*, *ó motor* de la máquina, que sirve para *levantar el agua*, *es la misma agua*, el mecanismo ó aparato, por cuyo medio se consigue esto, podría muy bien decirse que era *doblemente hidráulico*; puesto que el agente es el agua, y el efecto, que se produce, es levantar parte de esta misma agua.

225 Se dice que una rueda es *hidráulica*, cuando el agua es el motor, ó agente que la da impulso, cambiando el movimiento rectilíneo en que obra el agua, sea horizontal, ó verticalmente, en movimiento de rotacion continuo, que comunicado al eje, ó árbol de la rueda, sirve para hacer que giren las muelas ó piedras de molino, para mover las sierras, para levantar los pilones, ó mazos de los batanes, fábricas de pólvora &c., estirar el alambre, las hojas de fierro, laton &c.; mover los fuelles de las fraguas, y producir cualquiera otro efecto industrial.

226 Se dice de una *rueda hidráulica*, que es *vertical*, cuando lo es el plano de su corte perpendicular al eje, al rededor del cual gira; y que es *horizontal*, si lo es el corte del plano de la rueda perpendicular al eje, al rededor del cual gira: de donde se deduce, que *las ruedas verticales son las que giran al rededor de ejes horizontales*; *y las ruedas horizontales*, *son las que giran al rededor de ejes verticales.*

227 Como, en general, al comprar un terreno para edificar, lo que se paga es la superficie horizontal; y las ruedas verticales ocupan ménos superficie de terreno en este sentido, resulta que, bajo este aspecto,

merecen una especie de preferencia las ruedas *verticales*. Por lo cual, principiarémos por ellas nuestras investigaciones.

228 Hasta estos últimos tiempos se han considerado solo tres especies de ruedas verticales, á saber: 1.ª las que se componen de alas, ó paletas rectas, que se introducen en una corriente cualquiera de agua; á estas las designan los Ingleses bajo el nombre de (*undershot wheels*), los Franceses bajo el de (*roues en dessous*), y que nosotros designarémos análogamente bajo la denominacion de *ruedas por debajo*, á causa de que el agua obra en virtud de su masa y velocidad sobre las paletas inferiores de la rueda, y están representadas (fig. 11 lám. 2.ª). Pero no se ha hecho distincion de cuando estas ruedas se mueven en una masa fluida de superficie y profundidad indefinidas, y de cuando se mueven en un canal estrecho, ó cuyo ancho y profundidad no esceden en mucho al ancho de la rueda, y á la parte de las paletas sumergida en el agua; y como la cantidad de accion ó el efecto producido por una rueda es diferente en cada uno de dichos casos, ha resultado confusion en esta parte.

229 2.ª *Las ruedas de cajones* representadas (figs. 26 y 27 lámina 4) giran por el peso ó presion del agua contenida en los cajones, que llevan al rededor del tambor; y que se vacian á medida que descienden. A estas las designan los Ingleses bajo el nombre de (*overshot-wheels*), los Franceses bajo el de (*roues en dessus*), y que nosotros llamarémos *ruedas por encima*, á causa de que el agua cae por su parte superior.

230 La tercera especie de ruedas conocidas participa á un mismo tiempo de las dos especies precedentes y están representadas (figs. 12 y 19 lám. 3). El agua obra en ellas por su peso y por su velocidad, chocando contra las paletas ó alas de la rueda, un poco mas abajo del plano horizontal que pasa por el eje de rotacion, y se llaman por los Ingleses (*breast-wheels*), por los Franceses (*roues de côtè*), y nosotros designarémos por *ruedas de lado*, á causa de que el agua obra en el costado de la rueda.

231 Pero á estas se deben añadir otras dos especies, á saber: 4.ª *las ruedas de paletas curvas movidas por debajo*, que yo inventé en el año de 1819, y sobre que *Mr. Poncelet* ha escrito una memoria que ha sido premiada en 1825, por la *Real Academia de Ciencias del Instituto Real de Francia*, y se hallan representadas en la (fig. 69 lám. 1); y 5.ª las ruedas que yo tengo inventadas tambien, que reunen el mayor número de circunstancias favorables, ó que producen el *máximo efecto*, y que las llamaré *ruedas hi-*

dráulicas de sobre-lado; porque reciben el agua por un costado, pero mas arriba que el eje de rotacion de la rueda, y está representada (fig. 65 lám. 5.ª). Tratemos de cada una de estas ruedas.

De las ruedas verticales de paletas rectas colocadas en una corriente de agua, cuya latitud, y profundidad son indefinidas, ó muy grandes en comparacion del ancho de la rueda, y de lo que las alas ó paletas se introducen en el agua.

232 En una rueda vertical, colocada en una corriente de agua, cuya superficie tiene un ancho indefinido, ó al ménos un ancho mucho mayor que la paleta, y cuya profundidad es tambien indefinida, ó al ménos es bastante grande en comparacion de la parte de paleta que se sumerge en ella, la superficie de las paletas espuestas al choque de lá corriente puede variar á voluntad del constructor. Mientras mayor sea esta superficie, mas considerable será la cantidad de accion trasmitida por la rueda: y si fuese dada la superficie de las paletas, se pueden establecer diversas relaciones entre su velocidad y la de la corriente. Las cuestiones que se pueden proponer en el establecimiento de un motor de este género, son:

1.ª *Conocer en valor ó funcion de la velocidad de la corriente, de la de las paletas, y de sus dimensiones, la cantidad de accion que puede trasmitir la rueda*; 2.ª *Determinar la velocidad de la rueda de modo que la cantidad de accion venga á ser un máximo ó la mayor posible.*

233 Para resolver la primera cuestion, observarémos que la accion ejercida por la corriente sobre la rueda, es de la misma naturaleza que la que se ejercería sobre un cuerpo, movido en el sentido de la corriente, con una velocidad igual á la del centro de las paletas.

Por consiguiente, si llamamos k la superficie de la paleta sumergida en el agua cuando esta paleta se halla en posicion vertical; v la velocidad circular del centro de esta superficie; V la velocidad de la corriente; P el esfuerzo ejercido por esta corriente, obrando tangencialmente á la circunferencia que pasa por el centro de las paletas, ó superficie k; y p el peso de la unidad de volúmen del fluido; tendrémos, que, la velocidad relativa de la corriente y de la paleta, esto es, la velocidad con que la corriente chocará á la paleta, será el esceso que lleve la velocidad de la corriente á la de la paleta, y por consiguiente se hallará representada por $V—v$; y en virtud de lo espuesto (§§ 50 y 51 Mec. práct.), la altura debida á esta veloci-

dad, que espresarémos por h, será $h=\frac{(V-v)^2}{2g}$; y como la accion de la corriente sobre el segmento de la paleta sumergida en el agua, es análoga á la que se verificaría sobre un cuerpo de la misma figura que este segmento, y que se moviese en el sentido de la corriente, con la velocidad v; resulta, en virtud de lo espuesto (199), que $P=p\ (m+n)\ kh$, ó espresando, para mayor sencillez, por c el coeficiente $m+n$, que se debe determinar por la esperiencia, tendrémos $P=c.\ p.\ k.\ h=cpk\frac{(V-v)^2}{2g}$ (1).

234 El coeficiente c puede variar en virtud del número de paletas que lleva la rueda, de su figura, de su disposicion y de su altura comparada con la del radio &c. Si multiplicamos esta ecuacion por v, tendrémos $Pv=cpkv\frac{(V-v)^2}{2g}$ (2).

Ahora, el primer miembro representa la cantidad de accion que recibe la rueda, ó el trabajo ó efecto que puede producir; y espresándole por E, como inicial de *efecto producido*; será $Pv=E$ (3): y nos resultará $E=cpkv\frac{(V-v)^2}{2g}$ (4); ó $E=cpkvh$ (5).

Esta ecuacion espresa la cantidad de accion que recibe la rueda en un segundo por el impulso del agua; y por consiguiente esta será tambien la cantidad de accion que la rueda podrá trasmitir á cualquiera operacion industrial; y la que esprese el trabajo que la rueda pueda efectuar, haciendo abstraccion de las resistencias que provienen de la máquina á que ella esté aplicada.

235 Para resolver ahora la segunda cuestion, no tendrémos mas que ver en qué casos se verifica el *máximo* de esta espresion. Considerando en ella variable solo la v, y que todo lo demas sea constante, la regla establecida (§ 564 II T. E.), nos da, que la cantidad de accion E, ó efecto producido, es un *máximo*, cuando $v=\frac{1}{3}V$; y que es un *mínimo* cuando $v=V$ (*).

236 Sustituyendo en la (ec. 4), en vez de v el valor $\frac{1}{3}V$, que tiene en el caso del *máximo* efecto, resulta

(*) Los Autores solo hablan del caso del *máximo*; pero el mismo método da el *máximo* y el *mínimo*, como puede verse en la nota del § 49.

$$E = Pv = cpk.\ \tfrac{2}{3}\ V.\ \frac{(\frac{2}{3}V)^2}{2g} = \tfrac{4}{27}\ cpk\ \frac{V^3}{2g}\ (6).$$

Y dividiendo esta ecuacion por $v = \frac{1}{3}V$, y poniendo el valor P en lugar de $\frac{E}{v} = \frac{E}{\frac{1}{3}V} = \frac{3E}{V}$; tendrémos que el esfuerzo ó resistencia P, que se ejerce contra la rueda, y que esta podrá trasmitir á otro trabajo cualquiera, es $P = \frac{4}{9}\,cpk.\frac{V^2}{2g} = \frac{2}{9}\,cpk\frac{V^2}{g}$ (7).

237 Segun todo lo que hasta el presente ha dado á conocer la esperiencia, resulta que el número c permanece sensiblemente constante cuando las paletas se sumergen enteramente en el agua, cualesquiera que sean los valores de V y de v; mas cuando las paletas no se introducen en el agua sinó en parte, el número c probablemente aumenta algo cuando v disminuye con relacion á V. El valor de v correspondiente al *máximo* efecto, sería entónces un poco menor que $\frac{1}{3}$ V.

Las tentativas hechas para determinar el valor de c, estimando las acciones ejercidas sobre las paletas, segun los principios de las antiguas teorías de la resistencia de los fluidos, solo pueden conducir á resultados enteramente ilusorios y erroneos. El valor del coeficiente c no puede ser determinado sinó por observaciones hechas sobre ruedas, y no parece necesario que las observaciones de este género se hagan muy en grande. Los esperimentos conocidos no dan sobre este asunto resultados suficientemente precisos y seguros. Para las ruedas de paletas, tales como se construyen comunmente, el valor de c parece estar comprendido entre 2,5 y 3.

238 Este valor se puede aumentar por una disposicion mas ventajosa de la rueda. El número de paletas no debe ser inferior á 24. No conviene que la paleta se sumerja en el agua sinó $\frac{1}{3}$ ó mas bien $\frac{1}{4}$ del radio de la rueda. Las paletas deben tener al ménos unas *catorce* pulgadas españolas de altura, esto es, en el sentido de la direccion del radio de la rueda; deben estar espaciadas á lo mas una cantidad igual á su altura. Deben estar inclinadas hácia adelante, y formar con el radio un ángulo igual á unos 30 grados ó $\frac{1}{3}$ del ángulo recto cuando la rueda se sumerge el $\frac{1}{4}$ ó el $\frac{1}{5}$ de su radio, y un ángulo la mitad menor, esto es $\frac{1}{6}$ del ángulo recto ó 15° si la rueda se sumerge el $\frac{1}{3}$ del radio. Se debe hallar ventaja en dar á las

paletas una ligera concavidad por el lado en que las choca el agua, y en poner sobre cada uno de los lados no horizontales, rebordes ó listones de unas 2 á 3 pulgadas de salida.

239 Pasemos ya á resolver algunas cuestiones prácticas relativas á estas ruedas. Lo primero que tenemos que hacer, es determinar el valor del coeficiente numérico *c*. Sobre este particular, *Mr. Navier*, despues de haber comparado todos los esperimentos hechos hasta el dia en la nota (*dl*) pág. 410 del primer tomo de la *Arquitectura Hidráulica de Belidor*, se esplica en estos términos «En la incertidumbre, en que nos hallamos aun sobre esta materia, me parece que no sería prudente atribuir al coeficiente *c* (él lo espresa por *k*), en las fórmulas precedentes, un valor mayor que el de 2,5, medio entre los obtenidos por *Mr. Boistard*; y esta es la determinacion que adoptaré en lo sucesivo.» Y como el voto de *Mr. Navier* es para mí del mayor peso, pues ademas del mérito estraordinario de sus obras, se reune la circunstancia de conocerle personalmente, y de que en nuestras conferencias científicas y amistosas, me he confirmado mas en su juicioso criterio y profunda sabiduría, yo adoptaré tambien en las aplicaciones que haga, el valor $c=2,5$. Por lo cual, haciendo esta sustitucion en la fórmula (ec. 1), tendrémos $P=2,5.p.k.h$ (8).

Y haciendo la misma sustitucion en la fórmula (ec. 5), resulta $E=2,5p.k.h.v$ (9).

240 Ahora, el valor *p* es el peso de la unidad de volúmen; si elegimos por unidad el pie cúbico español, resulta que, como el pie cúbico español de agua pesa, á la temperatura y presion media en España, unas 47 libras (§ 241 Mec. práct.), tendrémos que, sustituyendo este valor, en la (ec. 8) será $P=2,5.47.k.h.$ libras españolas $=117,5.k.h$ libras españolas (10); estando espresado el valor de *k* en pies cuadrados españoles, y *h* en pies lineales tambien españoles.

Y sustituyendo el número 47 libras en vez de *p* en la fórmula (ec. 9), se nos convierte, despues de hecha la multiplicacion de 2,5 por 47, en $E=117,5.k.h.v.$ (11).

241 Estas dos ecuaciones (la 10 y 11) nos suministran las siguientes reglas prácticas.

La (ec. 10) nos dice, que *para determinar la fuerza de impulsion, ó el impulso que una corriente de agua comunica á una rueda de paletas rectas, ó planas, que se halla en un fluido de una estension indefinida en el sentido de su latitud y profun-*

dad, *se multiplicará el número constante* 117,5 *por la superficie de la paleta que se sumerge en el agua*, *espresada esta superficie en pies españoles, y por la altura debida á la velocidad relativa de la corriente y de la rueda*, *cuya velocidad relativa es la diferencia entre la velocidad de la corriente y la velocidad circular del centro de las paletas de la rueda*, estando espresada tambien dicha altura en pies españoles longitudinales. Este resultado espresa en libras españolas el mencionado esfuerzo; y quiere decir, que si el centro de las paletas es o y o' (fig. 66 lám. 1), y en un tambor cuyo radio fuese Oo' se arrollase un hilo, que pase por una poléa fija ó de retorno m, por cuyo carril pasase un cordon á cuyo estremo cuelgue un cuerpo, cuyo peso sea P, en este caso, teniendo P un valor igual al que dé la (ec. 10), se verificará el equilibrio, ó en virtud de lo demostrado (127), se moverá la rueda con un movimiento uniforme levantando el peso P en cada segundo una magnitud vertical igual á la velocidad v del centro de las paletas.

242 Sobre este punto, debemos advertir que la espresion de *latitud y profundidad indefinidas*, se puede aplicar, (al ménos por lo que hasta el presente ha demostrado la esperiencia) siempre que el ancho de la corriente sea mayor que *cinco ó seis veces el ancho de la rueda*; y la profundidad basta que sea tambien como *unas tres ó cuatro veces mayor que la altura de las paletas* ó la parte de ellas que está sumergida dentro del agua.

243 La (ec. 11) nos dice, que *para encontrar la cantidad de accion que la rueda puede trasmitir en un segundo*, *ó el trabajo que puede efectuar*, *haciendo abstraccion de las resistencias*, *que provienen de la máquina á que aquella está aplicada*, *se multiplicará el número constante* 117,5 *por la superficie de las paletas que se introduce en el agua*, (valuando dicha superficie en pies cuadrados españoles), *por la altura debida á la velocidad relativa* (espresada dicha altura en pies longitudinales españoles), y *por la velocidad del centro de las paletas de la rueda*, espresada tambien en pies longitudinales españoles.

244 1.er *Ej.* Supongamos que en la corriente del Tajo, en las inmediaciones de Aranjuez ó de Toledo, se coloque una de estas ruedas; que la velocidad de la corriente sea de $1\frac{1}{2}$ pies por segundo, que es lo regular que suele tener en dicho parage, segun lo que resulta de la *Memoria sobre la navegacion del Tajo publicada por don Francisco Xavier Cabanes* pág. 180. Supongamos que el ancho de las paletas sea de 8 pies; que se introduzcan 2 pies en el

agua; y que la velocidad de la rueda sea de 9 pulgadas ó $\frac{3}{4}$ de pie por segundo. Por la estension, que allí suele tener el Tajo, comparada con las dimensiones de la rueda, podemos considerar dicha corriente como de latitud y profundidad indefinidas; y en su consecuencia, se podrán aplicar á este caso las fórmulas y reglas prácticas anteriores.

La velocidad relativa es la diferencia entre la velocidad de la corriente y la velocidad de la rueda. Por consiguiente, dicha velocidad relativa será $\frac{3}{4}$, que es la diferencia entre $1\frac{1}{2}$, velocidad de la corriente, y 9 pulgadas$=\frac{3}{4}$ de pie, velocidad de la rueda. Ahora, en virtud de lo espuesto (§§ 50 y 51 Mec. práct.), para *encontrar la altura debida á una velocidad, es necesario dividir el cuadrado de dicha velocidad por el duplo de la fuerza de la gravedad*; y como esta fuerza en dicho parage, se debe suponer que es la misma que la de Madrid, para encontrar la altura espresada deberémos dividir $\frac{9}{16}$, que es (§ 223 de Ar. de N.) el cuadrado de $\frac{3}{4}$, por 70,1922, que es (§ 5 ej. 1.° lib. 3.°) el duplo de 35,0961 pies, fuerza de la gravedad en Madrid; y que tomarémos por valor aproximado 70,2, que es lo muy bastante para esta clase de cuestiones; y dividiendo en efecto $\frac{9}{16}$ por 70,2, tendrémos (152 Ar. de N.)

$$\frac{9}{1123,2}$$; lo que da 0,00801 de pie español.

Multiplicando este valor por el de k, que es 16, producto de 8 pies, ancho de las paletas, por 2 pies, que es lo que se sumergen en el agua, resulta 0,12816; y volviendo á multiplicar esto por el número constante 117,5, obtenemos por último 15,0588, que podrémos tomar por resultado suficientemente aproximado la parte entera 15: lo cual nos quiere decir, que *el impulso del agua equivale al peso de 15 libras en un segundo*; es decir, que *si el peso P* de la (fig. 66 lámina 1) fuese de 15 libras, *habría equilibrio*, *si desde luego se aplicasen á un mismo tiempo el peso y la fuerza de la corriente*; ó que *si la máquina estuviese en movimiento*, *llegaría á la uniformidad*, *cuando el peso fuese de 15 libras*, *y subiría dicho peso 9 pulgadas ó $\frac{3}{4}$ de pie español en cada segundo.*

245 Haciendo las mismas sustituciones en la fórmula (ec. 11), que espresa la cantidad de accion, deberémos multiplicar este resultado por la velocidad de las paletas que es 9 pulgadas ó $\frac{3}{4}$=0,75 de pie. Luego si multiplicamos el valor 15,0588 por 0,75, tenemos 11,294; lo cual nos quiere decir que *la cantidad de accion*

que la rueda recibe por la corriente, y que puede por consiguiente trasmitir la rueda, ó el trabajo que ella puede hacer, es el equivalente á levantar en un segundo 11,294 *libras de peso á un pie español de altura.* Ó elevar un peso de una libra á 11,294 pies españoles de altura, ó elevar 5,647 libras á 2 pies de altura, ó 2 libras á 5,647 pies. Ó en general, descomponiendo el número 11,294 en dos factores, elevar un peso de tantas libras como unidades tenga un factor, á tantos pies como unidades tenga el otro factor.

246 Para comprobar que la *cantidad ó efecto máximo de accion* corresponde al caso en que *la rueda tenga el tercio de la velocidad de la corriente*, supongamos que con los mismos datos, la velocidad circular del centro de la paleta de la rueda sea solo de medio pie ó seis pulgadas por segundo, que es el tercio de $1\frac{1}{2}$ pies, velocidad de la corriente. En este caso, la velocidad relativa es 1, diferencia entre $1\frac{1}{2}$ y $\frac{1}{2}$, ó entre 1,5 y 0,5. El cuadrado de 1 es 1, y dividiéndolo por 70,2, duplo de la fuerza de la gravedad, se tiene 0,014245 de pie. Multiplicando este valor por 16, que es la superficie de las paletas, que se introduce en el agua, se tiene 0,22792; que vuelto á multiplicar por 117,5, resulta 26,7806; lo que multiplicado por la velocidad de la paleta, que es 0,5, da 13,3903. Lo cual quiere decir, que la cantidad de accion que recibe la rueda en este caso y que por consiguiente ella es capaz de comunicar, equivale á levantar 13,3903 libras españolas á un pie de altura, ó 1 libra á 13,3903 pies de altura, ó &c. &c.

Este valor es mayor que el 11,294 que hemos obtenido (245) cuando la velocidad de la rueda era 9 pulgadas, valor mayor que el tercio de la velocidad de la corriente; y para confirmarnos en que cualquiera otro valor, que supongamos á la velocidad de la rueda, nos da menor cantidad de accion, supongamos ahora que la velocidad de las paletas de la rueda, sea solo de 3 pulgadas ó $\frac{1}{4}$ de pie. En este caso, la velocidad relativa será $1\frac{1}{4}$ ó $\frac{5}{4}$ de pie; cuyo cuadrado es $\frac{25}{16}$. Dividiendo esta cantidad por 70,2, duplo de la fuerza de la gravedad, se tiene $\frac{25}{1123,2}$; ó 0,0222578. Multiplicando este valor por la superficie de la paleta, que es 16, resulta 0,3561248; vuelto á multiplicar por 117,5, da 41,844664. Volviendo á multiplicar esto, por $\frac{1}{4}$ de pie, que es la velocidad del centro de la paleta, lo que equivale á dividir por 4, resulta

10,461166 libras elevadas á 1 pie de altura, cantidad de accion menor que la 13,390 que dió la velocidad 0,5 de pie, que ántes supusimos á la rueda.

247 Ahora bien, los gastos, para disponer la máquina de modo que las paletas de la rueda tengan 9 pulgadas de velocidad, vienen á ser los mismos que para disponer la máquina de modo que la velocidad de las paletas sea 6 pulgadas ó 0,5 de pie, y tambien los mismos que cuando la velocidad sea 3 pulgadas ó $\frac{1}{4}$ ó 0,25 de pie. Y como el trabajo que puede efectuar la rueda cuando su velocidad es 0,5 de pie, es mayor que los suministrados por los otros dos valores, y cualesquiera otros que correspondan á velocidades de la rueda que difieren del tercio de la velocidad de la corriente, se deja desde luego conocer la importancia de arreglar siempre la máquina de modo que teniendo la rueda el tercio de la velocidad de la corriente produzca el *máximo efecto*.

Y ahora se advertirá el sólido fundamento con que establecimos (§ 56, y siguientes II T. E.), al ocuparnos con la debida generalidad y exactitud de la cuestion de hallar los *máximos y mínimos* de las funciones, que *el saber resolver este género de cuestiones es de la mayor importancia para obtener mayores y mejores productos industriales*. Por esta causa, en cuantos ejemplos resolvamos en lo sucesivo, siempre supondrémos que la máquina está dispuesta, de modo que la velocidad del centro de las paletas sea la que corresponde al *máximo* de accion ó efecto de la rueda.

248 2.º *Ej.* Supongamos que en Córdoba se tenga una rueda de paletas rectas sumergida en el Guadalquivir; y que la velocidad de la corriente sea allí de unos 3 pies por segundo, lo que no distará mucho de la verdad; que el ancho de la rueda sea de 5 pies, y que se introduzcan las paletas en el agua 1½ pies: y supongamos que la velocidad del centro de las paletas sea de un pie, que es la correspondiente al *máximo* efecto. En este caso, la velocidad relativa será 2 pies, diferencia entre 3, que es la velocidad de la corriente, y 1, que es la velocidad del centro de la paleta. Su cuadrado es 4; que, para encontrar la altura debida á la espresada velocidad, deberémos dividir este cuadrado 4 por el duplo de la fuerza de la gravedad, que corresponde á Córdoba; donde siendo 35,0865 la fuerza de la gravedad (§ 5 ej. 9 lib. 3.º), su duplo es 70,1730; y nos resultará, despues de hacer la division, 0,057. Multiplicando este resultado por 7,5 que es la superficie de las paletas, que se introducen en el agua, tendrémos 0,4275; multiplicado esto por 117,5,

da 50,23125; y volviendo á multiplicar esto por la velocidad del centro de las paletas, que es 1 pie, resulta la misma cantidad; y quiere decir que *una rueda de esta naturaleza producirá una cantidad de accion en un segundo, equivalente á elevar un peso de 50,23125 libras á 1 pie de altura, ó un peso de 1 libra á* 50,23125 pies de altura, ó 10,04625 libras de peso á 5 pies de altura, ó 5 libras de peso á 10,04625 de altura, ó &c. á &c.

De las ruedas verticales de paletas rectas movidas por el choque de una corriente ó de una caida de agua determinada, que encuentra á las paletas de la rueda por su parte inferior, pero en un canal estrecho, á que los Franceses llaman coursier, *y que nosotros denominamos* canalizo.

249 Para manifestar con la debida generalidad y exactitud el modo de obrar de las ruedas hidráulicas, que nos falta dar á conocer, y determinar su cantidad de accion, &c., el método mas adecuado es el principio general de Mecánica, que se conoce con el nombre de *principio de la conservacion de las fuerzas vivas, que hemos demostrado* (nota del § 127), y cuyo enunciado mas general es el siguiente: *cuando un punto, un cuerpo ó un sistema cualquiera de puntos ó de cuerpos se mueven en el espacio, en virtud de la accion de un número cualquiera de fuerzas, la suma de las fuerzas vivas adquiridas por los diversos puntos materiales del sistema durante un cierto tiempo, es siempre numéricamente igual al duplo de la suma de las cantidades de accion, que las fuerzas que obran sobre estos puntos ó cuerpos, han comunicado durante el mismo tiempo, tomando negativamente las cantidades de accion cuando los espacios corridos son en sentido contrario de la accion de las fuerzas*; ó de otro modo: *cuando un punto, un cuerpo, ó un conjunto ó sistema cualquiera de puntos ó de cuerpos, se mueven en el espacio, en virtud de la accion de un número cualquiera de fuerzas, la suma de las cantidades de accion comunicadas por las fuerzas, durante un cierto tiempo, es siempre igual á la mitad de la suma de las fuerzas vivas adquiridas ó perdidas por el sistema en el mismo tiempo, tomando negativamente las cantidades de accion, cuando los espacios corridos son en sentido contrario de la accion de las fuerzas.*

250 Las circunstancias mas apreciables que reune este principio, y que hacen su aplicacion sumamente fácil y sencilla, es que *la fuerza viva del sistema* es independiente de las condiciones de la trabazon de los cuerpos, y de la naturaleza de las líneas que describen;

y se puede calcular sin mas que saber los espacios que los puntos ó cuerpos han corrido en el sentido de cada fuerza: con tal, sin embargo, que *las condiciones de la trabazon sean independientes del tiempo; que en cualquier época que se considere, los puntos ó cuerpos conserven entre sí las mismas posiciones; y que las curvas descritas por los puntos ó cuerpos sean continuas, y sus velocidades no varíen en cada elemento del tiempo, sinó en una cantidad sumamente pequeña.*

251 La fuerza viva adquirida por el punto, cuerpo, sistema de puntos ó de cuerpos, en un instante dado, y por consiguiente el valor de su velocidad, depende únicamente de la magnitud de las fuerzas que han obrado sobre él, y del espacio que ha corrido *en la direccion de cada una de estas fuerzas*, y no de la figura de la curva que ha descrito, ni de la manera con que ha variado su velocidad, ni de la duracion de su movimiento. Lo cual simplifica de un modo estraordinario su aplicacion.

252 Entendido esto, pasemos á deducir la ecuacion que esprese las condiciones del movimiento de dicha rueda, en el supuesto de que se mueva en un *canalizo*, ó en un canal, que sea solo algo mayor que la rueda, esto es, que haya entre las dimensiones de la rueda, y las del canalizo solo el juego indispensable para el movimiento de la rueda.

Llamemos H la altura de la caida de agua, esto es, espresemos por H la diferencia del nivel entre el punto a de la superficie del agua en el trámite anterior á la rueda, y el punto b, correspondiente al trámite inferior (fig. 60 lám. 1); sea M la masa de agua gastada en un segundo, v la velocidad de la rueda, P el esfuerzo que se ejerce en la circunferencia que traza el centro de la paleta; y se tendrá que $\sqrt{2gH}$ espresará la velocidad con la cual el agua vendrá á chocar las paletas, de modo que perderá repentinamente contra ellas la velocidad $\sqrt{2gH}-v$. Cuando las haya chocado, y ejercido su accion sobre ellas, el agua solo conservará la velocidad v que tienen las paletas de la rueda. Esto supuesto, se notará, que el peso del agua, que desciende en un segundo, será Mg en virtud de la (ec. 203 § 164 Mec.); y la cantidad de accion comunicada por el descenso de este peso, en virtud de lo que hemos manifestado en el párrafo 11 de este mismo libro, ó en la primera parte de nuestra Mec. Industrial (II C.), estará espresada por MgH, mientras que la cantidad

de accion comunicada en sentido contrario, durante el mismo tiempo por la elevacion del peso, es Pv. La cantidad de accion, comunicada al sistema en cada segundo, es pues $Mg.H-Pv$. Por otra parte, la fuerza viva perdida, en el mismo tiempo, por efecto del choque del agua contra las paletas es, segun el teorema de *Mr. Carnot* demostrado (nota del § 127) $M(\sqrt{2gH}-v)^2$, y la que tiene adquirida el agua en el instante en que abandona la rueda, es Mv^2; pues al agua le queda la misma velocidad que tienen las paletas. Luego, en virtud del segundo enunciado del principio de la conservacion de las fuerzas vivas acabado de citar, tendrémos la ecuacion

$Mg.H-Pv=\frac{1}{2}M(\sqrt{2gH}-v)^2+\frac{1}{2}Mv^2$ (12); de donde

$Pv=M(\sqrt{2gH}-v)v$ (13); y espresando Pv por E, se tendrá

$E=M(\sqrt{2gH}-v)v$ (14); ecuacion que determina el movimiento de la rueda suponiendo que ha llegado á la uniformidad.

253 El valor de v, que hará la cantidad de accion trasmitida á la rueda lo mayor posible * es $v=\frac{1}{2}\sqrt{2gH}$ (15); y como $\sqrt{2gH}$ espresa la velocidad de la corriente, dicho resultado nos quiere decir, que, en este caso, *la velocidad de la rueda que conviene al máximo efecto, debe ser la mitad de la que lleva el agua en el canalizo, al chocar á la paleta.*

Sustituyendo este valor de v en la (ec. 14), da $E=\frac{1}{2}MgH$ (16); de donde se sigue que el *límite teórico de la cantidad de accion trasmitida á la rueda es aquí la mitad del representado por la caida del agua.*

254 Ocupémonos ahora en determinar la velocidad de una rueda

---

* Se determina en virtud de lo espuesto (§ 564 II T. E.), del modo siguiente: hallando el primer coeficiente diferencial de la (ec. 14) nos resultará: $\frac{dE}{dv}=M(\sqrt{2gH}-v)-M.v=M\sqrt{2gH}-2Mv$; que igualándolo á cero, se tiene $M\sqrt{2gH}-2Mv=0$, que da $v=\frac{1}{2}\sqrt{2gH}$.

Para cerciorarnos de si el valor E es entónces efectivamente un *máximo*, hallarémos el segundo coeficiente diferencial, y tendrémos

$\frac{d^2E}{dv^2}=-2M$; valor que, no desapareciendo y siendo negativo, manifiesta (§ 564 II T. E.) que la (ec. 14) es un *máximo* efectivamente cuando $v=\frac{1}{2}\sqrt{2gH}$.

de estas cuando no levanta ningun peso, ó que no ejerce ningun esfuerzo ni trabajo. Suponiendo que la rueda no tenga ningun peso que levantar, esto es, que $P=0$, la (ec. 13) se nos convertirá en $0=M(\sqrt{2gH}-v)\,v$; que, dividiendo por Mv, se tiene $0=\sqrt{2gH}-v$; de donde $v=\sqrt{2gH}$ (17).

Así, el límite de la velocidad de la rueda es aquí el de la debida á la altura de caida. La vena de agua encontrando á las paletas con una velocidad igual á la suya, no hay choque: y por consiguiente no hay fuerza viva perdida, de modo que el agua puede conservar, en el instante en que se aparta de la rueda, toda la fuerza viva, ó toda la velocidad que la caida puede producir.

Aplicacion de la teoría precedente á la práctica.

255 Se ve, por lo que precede, que *las ruedas por debajo pueden suministrar á lo mas*, en virtud de la teoría, *la mitad de la cantidad de accion que representa la caida de agua.* Lo cual se halla perfectamente confirmado por la esperiencia.

Disposicion de las ruedas por debajo.

256 El mejor modo de disponer las ruedas por debajo parece por otra parte ser el representado (fig. 60 lám. 1), donde el agua se suministra á la rueda por una abertura, boquete ú orificio colocado en la parte inferior de la caida, y cuya entrada es embudada para evitar la contraccion en lo posible. La distancia que debe haber entre las paletas es sobre poco mas ó ménos igual á su altura, y estar un poco inclinadas por la parte anterior del radio. Debe quedar muy poco juego entre ellas y las paredes del canalizo, cuyo fondo debe construirse en forma de un arco, que sea concéntrico á la rueda; el cual se deberá terminar en el parage correspondiente de la vertical, que se baje desde el centro de la rueda; y continuar despues el agua en una direccion tangente á dicho arco de círculo: después de cuyo punto el ancho debe ser lo mayor posible en comparacion del canalizo, á fin de que las paletas encuentren por el lado opuesto la menor altura de agua posible. El alto de las paletas debe ser mucho mas grande que el de la vena de agua que viene á chocarlas, á fin de que, en el instante del choque, el agua, que se levanta contra la paleta, no suba mas que estas; pues entónces si la rueda es cerrada, el efecto del choque contra el tambor de la rueda cooperaría á elevar la rueda y no á hacerle girar; y si la rueda era abierta, es decir, si las paletas dejaban entre sí espacio, el agua que pasase por encima de la paleta no contribuiría tampoco para hacer girar la

rueda. Los esperimentos de *Smeaton*, y los de *Bossut* están conformes en manifestar que el valor $v=\frac{1}{2}\sqrt{2gH}$ (18), indicado por la teoría para la velocidad de las paletas es un límite por debajo del cual se debe permanecer en la práctica, y que conviene dar solo á las paletas los $\frac{2}{5}$ de la velocidad de la vena de agua que viene á chocarlas. Tambien prueban dichos esperimentos que la cantidad de accion trasmitida á la rueda es los $\frac{2}{3}$ de la cantidad de accion teórica; por lo cual, la (ec. 14) da generalmente para la práctica $E=Pv=\frac{2}{3}M(\sqrt{2gH}-v)v$ (19); y en el caso del *máximo* efecto en que $v=\frac{1}{2}V=\frac{1}{2}\sqrt{2gH}$, resulta $E=Pv=\frac{1}{3}Mg.H$ (20). Representando por Q la cantidad ó volúmen de agua que se consume, corre, pasa ó desciende un un segundo espresado en pies cúbicos españoles, que es lo que hemos llamado el *gasto*, tendrémos $Mg=47Q$ libras españolas (21): y despejando, resultará $M=\frac{47Q}{g}$ *libras*; por lo que sustituyendo este valor de M en la (ec. 19), nos resultará que la cantidad de accion ó efecto producido vendrá á ser en general $E=Pv=\frac{2}{3}.\frac{47Q}{g}(\sqrt{2gH}-v)v=31,33.\frac{Q}{g}(\sqrt{2gH}-v)v$ libras españolas elevadas á un pie (22); y haciendo la misma sustitucion en la (ec. 20), resulta que en el caso del *máximo* efecto, será $E=\frac{1}{3}.47Q.H=15,67Q.H$ libras elevadas á 1 pie español (23). El esfuerzo ejercido en el centro de las paletas, en el sentido de la circunferencia de la rueda, se obtendrá en general dividiendo por v la (ec. 22); lo que dará $P=31,33\frac{Q}{g},(\sqrt{2gH}-v)$ libras (24); y en el caso del *máximo* efecto, en que $v=\frac{1}{2}\sqrt{2gH}$, se tiene

$$P=15,67\frac{Q}{g}.\sqrt{2gH}\ (25).$$

Es necesario tener presente que en estas fórmulas $\sqrt{2gH}$ debe representar la verdadera velocidad de la vena de agua, que viene á dar contra la rueda, y H la altura debida á esta velocidad; de modo, que no se puede confundir esta altura con la de la caida, sinó en

tanto que el orificio del paso está dispuesto de modo que la vena de agua tome en el canalizo la velocidad debida á la carga. No se deben perder efectivamente de vista las circunstancias de los esperimentos de *Smeaton*, que hemos insertado (§§ 55 al 60) sobre que están fundados los resultados precedentes. Él observaba la verdadera velocidad del agua ántes de hacerla obrar sobre la rueda, y tomaba la altura debida á esta velocidad por la altura H de la caida. Observaba igualmente el gasto de agua, que se verificaba efectivamente, y sus esperimentos en que las paletas llenaban exactamente la seccion del canalizo, establecen entre las cantidades H, Q y el efecto producido, las relaciones espresadas por las fórmulas de arriba. Sobre cuyo punto, recordamos que las nociones indispensables para determinar la velocidad del agua, cualquiera que sea la forma de los orificios, atendiendo á los fenómenos de la contraccion, las tenemos espuestas (cap. 3.° del libro 3.°). Y suponiendo aquí, que al orificio se le da la forma embudada, con el objeto de que podamos tomar para H la altura efectiva de la carga, vamos á resolver el siguiente ejemplo.

Supongamos que en la Sierra de Gador, se tenga una caida de agua de 20 pies de altura y de 30 pies cúbicos por segundo; y que se quiere saber la cantidad de mineral de plomo que podrá elevar en un tiempo determinado, como por ejemplo en una hora, suponiendo que la galería ó pozo de donde se sube el mineral tenga 400 pies de profundidad.

La gravedad en la Sierra de Gador la hemos determinado (§ 5 ej. 8.° del libro 3.°) de 35,05093 pies, su duplo será 70,10186; y para determinar la velocidad correspondiente á esta altura por la fórmula $\sqrt{2gH}$, en vez de los 20 pies que tiene H, y á pesar de que suponemos que la forma del orificio sea embudada, considerarémos que la altura H sea solo de 19 pies, para calcular siempre mas bien corto que largo.

Sustituyendo en $\sqrt{2gH}$, por $2g$ el valor 70,10186 que le corresponde, y por H los 19 pies, que acabamos de espresar, obtendrémos (§ 228 Ar. de N.) 36,49 pies por segundo. La mitad de esta cantidad, equivale á 18,245; y esta deberá ser la velocidad v del centro de las paletas.

Sustituyendo en la (ec. 22), en vez de v este valor; en vez de H el valor 19; en vez de Q, el valor 30 pies cúbicos, y en vez de g,

su valor 35,05, resulta $E=8931$ libras elevadas á 1 pie por segundo.

Y este mismo valor se halla, sustituyendo en la (ec. 23) en vez de Q su valor 30 pies cúbicos, y en vez de H los 19 pies efectivos que suponemos á la altura de caida.

Este resultado nos quiere decir, que *el trabajo dinámico ó la cantidad de accion que podría producir esta caida de agua, en un segundo, es el elevar* 8931 libras españolas *á* 1 *pie de altura*; y como se necesitaba elevar dicho mineral á 400 pies de altura, quiere decir, que solo se podrán elevar $\frac{8931}{400}$ libras á 400 pies, esto es 22,33 libras á la altura de 400 pies. Esto es en un segundo; y como la hora tiene 3600 segundos, quiere decir, que en una hora podrá elevar la máquina 80388 libras, ú 803 quintales y 88 libras: y en las 24 horas que tiene el dia, pues que el agua obra sin intermision, se podrán elevar 1929312 libras ó 19293 quintales y 12 libras sin mas que remudar convenientemente los obreros que coloquen el mineral.

Si queremos calcular el esfuerzo ejercido en el centro de las paletas, haciendo las sustituciones convenientes en la (ec. 25), tendrémos $P=15,67.\frac{30}{35,05093}.\ 36.\ 5=489,6$ libras; este resultado nos quiere decir que el esfuerzo que se hace sobre el centro de las paletas de la rueda en un segundo es equivalente á 489,6 libras en cada segundo.

De las ruedas de cajones, ó en que el agua obra por su peso ó por presion.

257 La descripcion, exámen y cálculo de las *ruedas de cajones*, ó en *que el agua obra solo por su peso ó por presion*, es de tanta mayor importancia, cuanto la obra de *Mr. Belidor*, que hasta ahora es la que se ha considerado como mas científica sobre esta materia, las condena ó desecha enteramente, dando la preferencia, sin razon, á las ruedas de paletas. Lo cual ha producido graves perjuicios á los establecimientos industriales.

El primero que demostró, que las ruedas de cajones, léjos de ser inferiores á las de paletas ordinarias, que reciben el agua por debajo, ofrecen al contrario uno de los mejores medios de sacar partido de una pequeña corriente de agua, fué *Desparcieux* en las *Mem. de la Ac. de Ciencias* 1754; y despues *Mr. Navier*, en la nota (*d m*) pág. 411 de la *Arquitectura Hidráulica de Belidor*, ha tratado

esta materia con una sublime maestría, precision y claridad; por lo que vamos á esponer, segun dicho Autor, *la teoría de las ruedas de cajones.*

258 »Supongamos, dice *Mr. Navier* en el parage citado, que A (fig. 61 lám. 1) sea el nivel de un depósito, del que el agua es conducida sobre una rueda, cuyos cajones la reciben en M, donde permanece contenida hasta que se acaba de escapar en el punto mas bajo D. Concibamos que el movimiento de la rueda se empleé en levantar el peso P por medio de una cuerda, suponiendo, para mayor sencillez, que el brazo de palanca de este peso sea igual al radio CN de la circunferencia que pasa por el centro de los cajones. Llamemos H la altura total de la caida AD; h la porcion AB de esta caida que corre el agua, ántes de llegar al fondo de los cajones; v la velocidad del centro de estos, cuando el movimiento ha llegado á la uniformidad; M la masa de agua que suministra la caida y recibe la rueda en un segundo; y g la fuerza de la gravedad.

»Lo primero, que debemos advertir, es, que el fluido habiendo corrido la altura $AB=h$, ántes de encontrar á los cajones, habrá adquirido una velocidad espresada por $\sqrt{2gh}$. Estos cajones, girando con la velocidad v, se verificará un choque en el punto B, y el fluido perderá bruscamente en este punto la velocidad $\sqrt{2gh}-v$. Ademas, cuando el fluido abandone los cajones, estará animado de la velocidad v de los mismos cajones. Esto supuesto, se recordará que, en virtud de lo demostrado (nota del § 127), ó que hemos repetido y esplicado (249), en *todo sistema de cuerpos en movimiento, la suma de las cantidades de accion comunicadas durante un cierto tiempo, es siempre igual á la mitad de la suma de las fuerzas vivas adquiridas ó perdidas durante este mismo tiempo.*

259 »Considerémos, por ejemplo, el tiempo que empléa el punto M de la rueda en llegar al punto D. Se gasta, durante este tiempo, una cantidad de agua igual á la contenida en el intervalo MLD, cuya masa$=M.\frac{MLD}{v}$, á causa de que siendo M la masa de agua que se gasta en un segundo, la masa de agua en un tiempo cualquiera t, estará espresada por el producto Mt; pero en virtud de la ((ec. 323) § 301 Mec.) *el tiempo es igual al espacio dividido por*

la velocidad; luego en este caso es $\frac{MLD}{v}$. El peso de la misma masa de agua será (§ 164 Mec.) $Mg.\frac{MLD}{v}$; y se ve: 1.° que, pues esta cantidad de agua desciende verticalmente de la altura H, su peso comunica á la rueda una cantidad de accion$=Mg\frac{MLD}{v}.H$; 2.° que el peso P elevándose al mismo tiempo á una altura vertical igual al arco MLD, imprime en sentido contrario una cantidad de accion $=P.MLD$; de donde se sigue que *la suma de las cantidades de accion comunicadas es* $Mg\frac{MLD}{v}.H-P.MLD$. Por otra parte, siendo v la velocidad del agua, en el instante en que ella abandona á la rueda, la fuerza viva realmente adquirida, en el tiempo que se considera, es $M.\frac{MLD}{v}.v^2$; mientras que el efecto del choque, que se verifica en B, es el hacer perder, durante este mismo tiempo, la fuerza viva $M.\frac{MLD}{v}(\sqrt{2gh}-v)^2$. Igualando pues la suma de las cantidades de accion comunicadas, con la mitad de la suma de las fuerzas vivas adquiridas y perdidas, resultará

$$Mg.\frac{MLD}{v}.H-P.MLD=\tfrac{1}{2}M.\frac{MLD}{v}.v^2+\tfrac{1}{2}M.\frac{MLD}{v}(\sqrt{2gh}-v)^2 \quad (26),$$

ó suprimiendo MLD, que es comun, multiplicando por v, y efectuando el cuadrado en el último término, se tiene

$MgH-Pv=\frac{1}{2}Mv^2+\frac{1}{2}M.2gh-\frac{1}{2}M.2v\sqrt{2gh}+\frac{1}{2}M.v^2=Mv^2+M.gh-Mv\sqrt{2gh}$; que da $Pv=Mg.(H-h)-Mv^2+Mv.\sqrt{2gh}=Mg.(H-h)+M(\sqrt{2gh}-v)v$ (27); ó sustituyendo E en vez de Pv, será $E=Mg(H-h)+M(\sqrt{2gh}-v)v$ (28); ecuacion, que determinará el movimiento de la rueda en el supuesto de que haya llegado á la uniformidad.

260 »La cantidad E ó Pv siendo el producto del peso elevado, multiplicado por el espacio que corre verticalmente en un segundo, se ve que el segundo miembro de esta ecuacion espresa *la cantidad de accion que la caida de agua trasmite á la rueda, durante este intervalo de tiempo*; y por consiguiente, conforme á los principios establecidos, espresa *el efecto producido por esta rueda ó la cantidad de trabajo que ella puede efectuar*, haciendo abstraccion de las resistencias que provienen de la máquina á que estuviese aplicada.

»*Condiciones que han de concurrir para obtener el mayor efecto posible.*

261 »Como, al establecer un motor, se debe procurar que de él se obtenga la mayor cantidad de accion posible, será necesario determinar ahora la velocidad v de la rueda, y la altura h de que se debe hacer caer el agua, ántes de hacerla obrar sobre ella, para que produzca el *máximo* efecto.

»Considerando el *máximo* con relacion á v solamente en la (ec. 28), se halla (*) para el valor v que conviene á este caso, $v=\frac{1}{2}\sqrt{2gh}$; lo que enseña que *la velocidad de los cajones debe ser la mitad de la velocidad que posée el fluido en el intante en que viene á chocar con los cajones.* Poniendo este valor de v en la (ec. 28), se convierte en $E=Mg\ (H-\frac{1}{2}h)$ (29); este valor se acercará á ser lo mayor posible, mientras h sea mas pequeña; luego el límite del mayor valor de la cantidad de accion E, será cuando $h=o$; esto es, cuando el agua tiene una velocidad sumamente pequeña, ántes de entrar en la rueda; de donde se sigue que *la velocidad de la rueda debe ser tambien sumamente pequeña.*

262 »Haciendo $h=o$ y $v=o$ en la (ec. 28), se convierte en $E=MgH$ (30); y como MgH es la cantidad de accion total del agua que baja, resulta que la ecuacion anterior nos enseña que, *el límite teó-*

(*) Por el método espuesto (§ 564 II T. E.) del modo siguiente. Hallando el primer coeficiente diferencial, se tiene $\frac{dE}{dv}=M(\sqrt{2gh}-v)-Mv=M\sqrt{2gh}-2Mv$. Igualándolo á cero, y despejando v, será $v=\frac{1}{2}\sqrt{2gh}$. Para asegurarnos de que, en este caso, el valor de E es un *mdximo*, hallarémos el segundo coeficiente diferencial, y tendrémos $\frac{d^2E}{dv^2}=-2M$; que como no desaparece y es negativo, manifiesta que cuando $v=\frac{1}{2}\sqrt{2gh}$, la cantidad de accion ó efecto útil es un *mdximo*.

rico de la cantidad de accion trasmitida por una rueda de cajones, es la cantidad de accion representada por el descenso del agua que obra sobre ella. Luego esta rueda es teóricamente lo ventajosa que puede serlo; puesto que *la cantidad de accion trasmitida á la resistencia se puede acercar tanto como se quiera á ser igual á la suministrada por el motor.*

263 » *De la velocidad de una rueda de cajones, cuando no levanta ningun peso.* Si la rueda no tuviese ninguna resistencia que vencer, ó lo que es lo mismo, si fuese $P=0$; la (ec. 27) se nos convertirá en $0=Mg\ (H-h)-Mv^2+Mv\sqrt{2gh}$; que suprimiendo la M, y trasladando al primer miembro los dos últimos términos, se tiene $v^2-\sqrt{2gh}.\ v=g\ (H-h)$; que, resolviéndola en virtud de lo espuesto (§ 253 I T. E), se tiene $v=\frac{1}{2}\sqrt{2gh}\pm\sqrt{\frac{1}{4}.2gh+g(H-h}$ $=\frac{1}{2}\sqrt{2gh}\pm\sqrt{g(H-\frac{1}{2}h)}$, que, separando los valores, da $v=\frac{1}{2}\sqrt{2gh}$ $+\sqrt{g(H-\frac{1}{2}h)}$ (31); y $v=\frac{1}{2}\sqrt{2gh}-\sqrt{g(H-\frac{1}{2}h)}$ (32). Haciendo en estas $h=0$, se convierte el primer valor de v (ec. 31) en $v=\sqrt{gH}=$ $=\sqrt{2g.\frac{1}{2}H}$ (33); esta ecuacion nos manifiesta que *cuando el agua entra en los cajones con una velocidad sumamente pequeña, el límite de la velocidad de los cajones es la debida á la mitad de la altura* H *de la caida total.* Este resultado, que anticipó *Bordá*, se ha puesto en contradiccion; pero se esplica con facilidad, si se observa que el agua entrando en los cajones con una velocidad nula, se ve obligada á tomar bruscamente la velocidad v de estos. Sucede entónces que una mitad de la cantidad de accion, representada por la caida, se empléa en suministrar la fuerza viva perdida por esta mudanza repentina de velocidad, y la otra mitad en comunicar la fuerza que el agua posée en el instante en que abandona la rueda.

264 » *Aplicacion de la teoría precedente.* En la práctica, para que una rueda de agua se mueva regularmente, es necesario que su circunferencia tenga una cierta velocidad, tanto mayor, cuanto la masa de la rueda es mas pequeña. La esperiencia enseña que se podrá fijar comunmente esta velocidad en unos *tres y medio* pies españoles por segundo; podría reducirse sin inconveniente hasta 2 pies españoles por segundo para una gran rueda de unos 35 pies de diámetro.

265 »Fijado ya el valor de la velocidad v, el de h, es decir, la carga de agua sobre el punto de la rueda donde el agua entra en los cajones, deberá ser la altura debida á una velocidad doble de la v, esto es, se deberá tener $2v=\sqrt{2gh}$ (34); que elevando al cuadrado, resulta $4v^2=2gh$; y despejando, se tiene $h=\frac{2v^2}{g}$ (35). Satisfecha esta condicion, tendrémos que, en virtud de la (ec. 29), la cantidad de accion trasmitida por la rueda en cada segundo sería teóricamente $E=Pv=Mg\ (H-\frac{1}{2}h)=Mg\ (H-\frac{v^2}{g})$. En la práctica, esta cantidad de accion es menor, principalmente porque el agua salta fuera de los cajones cuando cae dentro de ellos, y porque dicho líquido se escapa de los cajones ántes de haber llegado al punto mas bajo D de la rueda, y de haber corrido toda la altura de la caida." La diminucion que se verifica, dice *Mr. Navier*, solo puede conocerse por esperimentos, y no se tienen sobre este punto otros mas concluyentes que los de *Smeaton*. Él no conocía la verdadera espresion teórica de la cantidad de accion trasmitida por la rueda, de manera que compara (§ 67) el efecto obtenido, tanto al que sería debido á la altura total de la caida, y representado por MgH, como al que fuese debido solamente á la altura de la rueda; y está representado por $Mg\ (H-h)$. Él halla, en el primer caso, como se debía esperar, el efecto tanto mas pequeño, cuanto la altura de la caida esceda mas al diámetro de la rueda. En el segundo caso, el efecto parece, al contrario, aumentar, á medida que la altura de la caida es mayor con relacion á este diámetro. Pero comparando este efecto con su verdadero valor teórico $Mg\ (H-\frac{1}{2}h)$, le queda proporcional, y es sobre poco mas ó ménos los 0,77. Como esta relacion debe ser la misma tanto en grande como en pequeño, y se puede aumentar por un trazado bien entendido de los cajones, *Mr. Navier* supone que la cantidad de accion trasmitida en un segundo por una rueda de cajones, cuando la velocidad de estos es la mitad de la del agua que los choca, está espresada por
$E=Pv=\frac{4}{5}.\ Mg.\ (H-\frac{1}{2}h)$ (36).

266 Representando por Q la cantidad ó volúmen de agua consumida en un segundo, que es lo que llamamos el gasto, espresado en pies cúbicos españoles, tendrémos, análogamente á lo ya dicho (256),

que $Mg=47Q$ libras españolas; y la fórmula anterior se podrá poner bajo esta forma $E=Pv=\frac{4}{5}.47Q(H-\frac{1}{2}h)l\times p=37,6Q(H-\frac{1}{2}h)l\times p$ (37). El esfuerzo P ejercido por el agua en el sentido de la circunferencia, que pasa por el centro de los cajones, ó el peso P que podrá levantar el cordon que se arrollase á dicha circunferencia, y pasase por una poléa fija, vendrá á ser $P=37,6\frac{Q}{v}(H-\frac{1}{2}h)$ libras (38).

267 »Si se supone la velocidad de los cajones $v=3,5$ pies, será necesario que h sea la altura debida á la velocidad doble, es decir á 7 pies."

En las pocas aplicaciones, que existen sobre este particular, se incurre generalmente en el error de suponer que la variacion de la fuerza de la gravedad no influye; pero como una gran parte de las contradicciones que se notan en todos los resultados hidráulicos, es por no haber atendido á dicha variacion, debemos advertir, que para esta determinacion debe atenderse á la fuerza de la gravedad en cada parage. Suponiendo que nos hallamos en Madrid, la espresada fuerza para estos usos, podemos reputarla de 35,1 pies españoles: y para encontrar la altura debida á 7 pies de velocidad, deberémos dividir (§ 50 y 51 Mec. práct.) el cuadrado de 7 que es 49, por el duplo de 35,1 que es 70,2. y nos resultará $\frac{49}{70,2}=0,698$ de pie$=$ $=8,376$ pulgadas. Puesto que esta debe ser la cantidad, que ha de mediar entre el nivel del trámite superior, y el fondo del cajon á donde debe ir á dar el agua, resulta que el trámite superior debe estar elevado una muy pequeña cantidad sobre el vértice de la rueda. «Es importante, (continúa *Mr. Navier*) dar al perfil de los cajones una forma tal que el agua permanezca en ellos el mayor tiempo posible. Segun *Mr. Robison*, esto se consigue adoptando el trazado siguiente. Siendo AE, $A'D$ (fig. 62 lám. 1) el grueso de las llantas ó coronas de la rueda entre que están hechos los cajones, y AA' el intervalo de dos cajones consecutivos, cuyos perfiles representamos por $ABCD$, $A'B'C\,D'$, debe ser
$AA'=\frac{6}{5}\,AE$, $AB=\frac{1}{2}\,AE$, y ángulo $DAE=60$ grados,
$HC=\frac{5}{6}\,AE$. Es muy útil colocar en los cajones uno ó muchos diafragmas, tales como Bm, principalmente cuando se hacen las ruedas de fierro: en cuyo caso resultan mas sólidas, y por otra parte el agua se conserva mas largo tiempo en los cajones. Es útil tam-

bien practicar en su fondo AB una ó muchas pequeñas aberturas guarnecidas de válvulas, para impedir que los cajones, que suben, levanten por efecto de la presion atmosférica, el agua del trámite inferior en que se sumerge la rueda: circunstancia que perjudica algunas veces muy sensiblemente al movimiento de la máquina. Es necesario, ademas, que los cajones tengan una capacidad suficiente, tal por ejemplo, que no entre en ellos sinó el volúmen, de agua que puede estar contenido en $HABC$. Llamando l la longitud ó distancia AA' de dos cajones, medida sobre la circunferencia de la rueda; y q el volúmen de agua que cada cajon deberá recibir, se tiene la relacion $Q=\frac{v}{l}q$; entre la cantidad Q de agua que cae sobre la rueda en un segundo, y el volúmen ó cantidad de agua que deberá recibir cada cajon; de donde resulta $q=\frac{Ql}{v}$ (39); por medio de la cual se determina la capacidad de los cajones, en virtud del volúmen de agua que suministra la caida. El esfuerzo P calculado por medio de la fórmula (38), se podrá considerar como una fuerza que se aplique tangencialmente á la circunferencia, que pasa por el centro de los cajones, hácia el medio de la porcion de esta circunferencia ocupada por el agua. Esta consideracion, sin ser rigorosamente exacta, bastará en la práctica para el cálculo de los esfuerzos ejercidos sobre los gorrones del eje de la rueda.

268 »Se debe notar que los resultados anteriores no se aplican verdaderamente sinó á las ruedas de cajones propiamente dichas, representadas (fig. 61 lám. 1); y solo en el caso de que reciban el agua por su vértice.” Hasta ahora se ha considerado que el uso de las ruedas por encima estaba limitado á las alturas que pasaban de 10 pies; mas yo he visto *ruedas* por encima de cuatro pies de diámetro, que producían muy buenos efectos en el hilado de la lana y torcido de la seda.

De las ruedas de cajones contenidas en un canalizo, y de las ruedas de lado.

269 La disposicion de las ruedas de cajones sufre con frecuencia una modificacion, que, sin mudar enteramente su naturaleza, debe, sin embargo, considerarse á parte. Se halla indicada en la (fig. 63 lám. 1) que representa una rueda por encima de la especie llamada por los Ingleses *balance Wheel*. El agua se recibe por los cajones

á poca distancia mas allá del vértice, y para prevenir las pérdidas de agua que se verifican hácia la parte inferior de la rueda está contenida en un canalizo que deja el menor juego posible. Esta disposicion tiene sobre la precedente la ventaja de remediar en gran parte las pérdidas de agua, que resultan cuando la boca de los cajones se halla mas baja que el centro de la rueda; pero tiene un defecto muy particular, que consiste en que la parte inferior del arco de la rueda contenido en el canalizo, estando sumergido en el agua, pierde un peso igual al del volúmen de agua que él ocupa, pero cuya accion se debe quitar del esfuerzo de que la rueda es capaz. Este inconveniente no sería importante para ruedas construidas de fierro, pero es mucho para las hechas de madera.

270 Esta última construccion ofrece por otra parte la facilidad de dar el agua á la rueda en un punto cualquiera de su altura, sin que esta rueda sea sensiblemente ménos ventajosa que en el caso en que recibiese el agua por su vértice, de modo que se puede adoptar aun cuando la altura de la caida es menor que el diámetro de la rueda. Se obtiene entónces la disposicion indicada (fig. 24 lám. 4 ó fig. 64 lám. 1) que los Ingleses designan bajo el nombre de (*breast wheel*), los Franceses bajo el de (*roues de côtè*), y que yo espresaré por *ruedas de lado*. En esta disposicion, los cajones se pueden reemplazar por paletas, cuyo intervalo es sobre poco mas ó ménos igual á su longitud, y que deben estar un poco inclinadas por la parte anterior al radio. Es necesario que las paletas sobresalgan de las llantas, á fin de que estas últimas no se sumerjan en el agua del canalizo. La altura de las paletas se hace sobre poco mas ó ménos $\frac{1}{4}$ de su longitud. El juego entre las paletas y las paredes laterales y del fondo del canalizo se puede reducir á media pulgada en las máquinas bien construidas.

271 La teoría espuesta (266) debe aplicarse á estas dos últimas especies de ruedas, y por consiguiente las fórmulas (ecs. 37 y 38). Es necesario notar solo para las *ruedas de lado*, que ademas de la necesidad de darles una velocidad, tal que poséan una cantidad de movimiento bastante grande, para que este sea regular, hay todavía una razon para hacerlas andar con mayor velocidad, que es el disminuir el efecto de las pérdidas de agua que resultan del juego que es necesario dejar entre la rueda y el canalizo. Se hace por consiguiente tomar á las ruedas de lado una velocidad mas considerable que á las de por encima, y que puede llegar hasta unos 7 pies españoles por segundo. El agua debe siempre chocar las paletas ó

llegar á los cajones con una velocidad doble, es decir, como de unos 14 pies, la cual se debe, si es en Madrid, á una caida de $\frac{14^2}{70,2}=2,79$ pies españoles; lo que es sobre poco mas ó ménos la carga de agua *AM* (figs. 61, 63 y 64 lám. 1) que debe tener sobre el orificio por el cual el agua es dada á la rueda.

272 En cuanto á la cantidad de accion que le es trasmitida, llamando siempre H la altura total de la caida, y h la carga *AM*, la espresion teórica de esta cantidad, será aun aquí para el caso del máximo efecto, la misma que espresa la (ec. 37); pero la debemos disminuir primero en razon de la pérdida de peso que la rueda sufre en el agua. Llamando l la parte de longitud *MLD* (figs. 63 y 64 lám. 1) del arco de la rueda sumergida en el agua del canalizo, h' la altura vertical *MD* ó *MD'* de este arco, p' el peso del volúmen de agua que desaloja, el esfuerzo necesario para hacer equilibrio á este peso, que supondrémos aplicado á la circunferencia de la rueda, estará espresado por $p'.\frac{h'}{l}$; y la cantidad de accion consumida por este esfuerzo, será $p'\frac{h'}{l}.v$; por lo que la cantidad de accion trasmitida á la rueda quedará reducida á

$$E=Pv=37,6Q(H-\tfrac{1}{2}h)-p'\frac{h'}{l}.v \text{ libr.}\times\text{p.}^s \ (40),$$

y será necesario hacerles padecer una nueva diminucion en razon de la pérdida de agua que se hace al rededor de las paletas ó cajones; pero esto no se puede estimar exactamente, á falta de las observaciones necesarias. Se tendrá consideracion en la práctica aumentando algo las dimensiones del canalizo halladas por el cálculo.

El esfuerzo ejercido en la circunferencia de la rueda, es

$$P=\frac{37,6Q}{v}(H-\tfrac{1}{2}h)-p'\frac{h'}{l} \text{ libr. } (41).$$

Este esfuerzo podrá considerarse, del mismo modo que se ha hecho ántes, como una fuerza aplicada tangencialmente hácia el medio del arco que ocupa el agua.

273 Si se llama k la superficie de las paletas, ó mas bien la seccion de la vena de agua en el canalizo, se tendrá $Q=kv$ (42), y las

fórmulas precedentes se convertirán en $E=Pv=37{,}6kv(H-\frac{1}{2}h)-p'\frac{h'}{l}v$ libr. × pie (43) y $P=37{,}6k\,(H-\frac{1}{2}h)-p'\frac{h'}{l}$ libras (44).

274 En la práctica, las *ruedas de lado y de por encima* no deben tener ménos de 17 ó 18 pies de diámetro. Cuando la altura de caida escede á 17 pies, se aumenta el diámetro de la rueda, de modo que la diferencia entre este diámetro y la caida sea la altura debida á una velocidad doble de la que se quiere hacer tomar á la rueda. Se han hecho ruedas de esta especie que tenían hasta mas de 50 pies de diámetro. Se puede notar que las ruedas por encima convienen especialmente á los casos en que se tiene una gran caida y una pequeña cantidad de agua. Cuando el volúmen de esta es muy considerable, como el peso de la que obra sobre la rueda, carga todo entero sobre sus puntos de apoyo, estos se encuentran muy fatigados. Vale mas entónces emplear *ruedas de lado*, en que el peso está sostenido en parte por el fondo del canalizo. Para disminuir los inconvenientes que resultan de la pérdida de agua en las ruedas verticales, se puede reemplazar algunas veces una rueda de cajones por una cadena sin fin, guarnecida de cubos ó cajones, á manera de noria, y girando sobre tambores cilíndricos colocados verticalmente el uno encima del otro. Esta disposicion ofrece la ventaja de que los cajones guardan el agua mas largo tiempo, y que la máquina ocupa ménos espacio. Esta ventaja se halla compensada por otros varios inconvenientes. La teoría mecánica de este aparato, que está representado (fig. 29 lám. 4) es la misma que la de la rueda de cajones, y su establecimiento debe hacerse en virtud de las mismas condiciones.

Tambien se ha propuesto reemplazar la *rueda de lado* por una cadena guarnecida de paletas y que se moviesen en un canalizo inclinado, como representa la (fig. 13 lám. 3). Esta nueva disposicion parece ofrecer ménos ventajas y mas inconvenientes que la precedente.

De las dos especies de ruedas verticales, que yo inventé en el año de 1819, *y que son en mi concepto mas adecuadas que todas las que acabamos de esponer.*

275 Repetidas veces hemos indicado en esta obra nuestra nivelacion del *Jarama*, *Lozoya* y *Guadalix*; y deseando yo que el proyecto de conducir aguas á Madrid, reuniese ademas el que esta can-

tidad de agua sirviese en parte al mismo tiempo, en su tránsito y al distribuirse dentro de la poblacion, para los diversos ramos de industria que son necesarios en esta capital, llamó de un modo muy estraordinario mi atencion el exámen circunstanciado de las diversas ruedas hidráulicas; eché de ver, ántes de poder consultar las sapientísimas notas de *Mr. Navier* al primer tomo de la *Arquitectura hidráulica de Belidor*, que las idéas de este ultimo Autor, acerca de las ruedas hidráulicas estaban trastornadas; pues *Belidor* condenaba el uso de las ruedas de cajones, dando la preferencia á las de paletas, cuando debe suceder todo lo contrario en virtud de lo que acabamos de demostrar. Ademas, noté que, con arreglo al principio de *la conservacion de las fuerzas vivas*, la forma de los cajones en figura rectilínea no presentaba las ventajas que ofrecería el ser el cajon curvilíneo y formado de una sola chapa en las ruedas de lado y por encima; y que las paletas curvas, en las ruedas por debajo, serían muy preferibles á las planas. Noté tambien que el modo de suministrar el agua á los cajones de las ruedas que la reciben por encima, era mucho mas ventajoso que lo que se acostumbra en las de lado; pero que aun no reunía todas las circunstancias que se requerían. En efecto, al caer el agua (fig. 67 lám. 1), se desperdicia toda la parte de altura que espresa la línea *nm*; y esta pérdida era de mucha consideracion en dicha figura, que se presenta como un modelo en los *Comentarios á las ordenanzas de minas*, por don Francisco Javier *Gamboa*, obra impresa en 1761, y es la fig. 63 plancha 3, cuya esplicacion la pone en la pág. 401 al hablar del *Arte de agua y grua*. Segun dicha figura, la pérdida que ocasiona, equivale á mas de la tercera parte de la altura total. Y todos conocen que la pérdida de esta porcion de la potencia, que viene á equivaler á mas de 30 por 100, puede muy bien haber influido en que varios mineros ó especuladores de minas se hayan perdido en sus empresas, y acaso atraido su ruina, cuando el aprovechamiento conveniente de esta fuerza motriz por su oportuna aplicacion, hubiera sido acaso muy capaz, no solo de indemnizarle de sus gastos, sinó de cooperar á su prosperidad y engrandecimiento.

276 Ademas de esto, el recibir las ruedas el agua en la disposicion que representan las (figs. 61 y 63 lám. 1), hace que el agua en los primeros cajones, obrando casi verticalmente sobre el eje de la rueda, coopera mas bien á ejercer su presion directa en los gorrones, que á promover la rotacion, que es la necesaria para ejecutar el trabajo; por lo cual, escogité un medio por el que, sin perder el agua

nada de su altura, cayese desde luego á una cierta distancia del eje, que me fijé desde luego en que fuese la mitad del radio: lo que se consigue haciendo que el derrame del agua, en el cajon, diste del punto vertical mas alto de la rueda un arco de 30 grados; pero se debía evitar el que el agua saliese en direccion hácia la rueda, como se verifica en las (figs. 12 y 19 lám. 3, 24 lám. 4 y 64 lám. 1); pues que el efecto de este choque es el hacer empujar la rueda contra su eje, y no en producir el movimiento de rotacion, que es necesario. Para demostrarlo, supongamos que *ab* (fig. 68 lám. 1) sea la línea que represente en direccion y magnitud la velocidad del agua, al llegar al tambor de la rueda; descompongamos esta velocidad en dos, á saber; una en la direccion vertical y otra en la horizontal: la *cb*, que es horizontal de nada sirve para el movimiento de la rueda; y solo *ac*, que es la vertical, coopera al movimiento de esta, y despues el peso ó presion del agua sobre los cajones.

277 Otro de los inconvenientes que presentan todos los métodos de aplicacion del agua, que son conocidos, particularmente en las ruedas de lado, es el que por lo regular no se deja suficiente hueco para que se escape el aire contenido en los cajones; lo cual origina el que el agua salte hácia arriba, perdiéndose en esto una parte de su fuerza. Sobre este punto, debemos advertir, para evitar el que se perpetúen los errores, que algunos suelen tomar por una señal de la fuerza, que el agua comunica á la rueda, el que el líquido salte formando borbotones, espuma &c., sin reflexionar que toda esta fuerza se pierde. En efecto, si una vena de agua, al encontrar una rueda, ya por chocarla en alguna parte sólida, ya por ser rechazada por el aire que sale del cajon, ó por cualquiera otra circunstancia, salta y chisporrotéa, subiendo en direccion vertical ú oblicua, no hay duda en que la fuerza que hace chisporrotear esta agua hácia arriba, ó en cualquiera otra direccion, no se empléa en hacer girar la rueda, que es lo que produce el trabajo; luego si esta fuerza se aprovechase para hacer que la rueda obre en el sentido de su movimiento, sería mucho mas ventajoso

278 Por otra parte, las ruedas de paletas rectas tienen el inconveniente de que, al girar dichas paletas sufren cierta resistencia por parte del agua que va delante de ellas; y en virtud de todo esto, el fruto de mis meditaciones, en el año de 1819, cuando yo hice la espresada nivelacion, fué el siguiente. En todo el curso de la acequia ó canal, podrían colocarse ruedas de paletas curvas verticales; puesto que teníamos una masa de agua con poca velocidad ó pendien-

te; y su construccion es muy sencilla, pues á lo mas solo estaba reducido á estrechar un poco la corriente para que rebalsándose el agua, se tuviese alguna mas diferencia de nivel. Y siendo curvas las paletas, y estando colocadas de modo que las tangentes de sus estremos por donde entra el agua vengan á ser paralelas al plano del canalizo, y diste de él solamente lo muy preciso para el movimiento de la rueda, se evitaba la pérdida que resulta del choque de las paletas; y haciendo que estas curvas no terminen en tambor alguno, sinó que la rueda en su interior sea hueca, no hay nada que temer por el aire encerrado en los cajones.

279 Creí de gran importancia esta idéa, por cuanto las ruedas hidráulicas, mas generalmente usadas hasta el presente, han sido las ruedas *verticales*, llamadas de por *encima*, ó de *cajones*, y las ruedas de *paletas* que son chocadas por debajo. Las unas y las otras tienen la propiedad de exigir poco sitio, de ser fáciles de cuidar y reparar, en fin de trasmitir inmediatamente el movimiento en un plano vertical, segun lo exige el mayor número de mecanismos usados en las artes, como en los martinetes, &c. &c. Y como la novedad, que exige mi construccion, solo consiste en hacer curvas las paletas, es fácil de que se adopten, pues su mecanismo y manejo son los mas generalmente conocidos.

280 Por otra parte, las ruedas de paletas ordinarias tienen una gran simplicidad, se pueden aplicar en todas las localidades, y principalmente son susceptibles de moverse con una gran velocidad sin separarse del *máximo* efecto, que les es propio; y como todas estas circunstancias se verifican en las de paletas curvas con mayores ventajas, y economizan mayor porcion de la fuerza motriz, resulta que las ruedas de paletas curvas serán muy útiles á los progresos de la industria.

281 La condicion de una velocidad bastante grande, por ejemplo, como de 7 ú 8 pies por segundo, está fundada: 1.º en que las ruedas, que están animadas de ella y las diversas otras piezas del mecanismo, vienen á formar entónces *volantes*, ó están dotadas de una cantidad de fuerza viva capaz de mantener la uniformidad del movimiento del sistema, á pesar de los sacudimientos, y mudanzas bruscas ó repentinas de velocidad en ciertas piezas, y las variaciones perdidas de los efectos de la resistencia; 2.º en que las piezas que efectúan el trabajo en las máquinas, exigiendo casi siempre una velocidad considerable para la produccion de su buen efecto industrial, sería preciso colocar entre la resistencia y la potencia, engra-

nages mas ó ménos multiplicados, para obtener esta velocidad final, si la rueda motriz marchase lentamente; de modo, que, ademas del aumento de gasto, resultaría un acrecentamiento de resistencias perjudiciales, así como estorbos y dificultades frecuentemente insuperables en ciertas localidades.

282 Las ventajas de las ruedas de paletas rectas, que se mueven por debajo, estando tan bien comprobadas, y dando estas ruedas á lo mas, en los casos mas favorables de la práctica, el tercio de la cantidad de accion del motor, y frecuentemente aun por la disposicion de las compuertas y de los canálizos, no dando sinó el cuarto ó el quinto de esta cantidad, se deben considerar como investigaciones muy útiles, las que se han emprendido por diversos Sabios, y principalmente por *Parent*, *Desparcieus*, *Smeaton*, *Bordá*, *Bossut*, el caballero *Morosí* &c., ya sea con el fin de aclarar su teoría, ó de introducir mejoras útiles en su construccion. Por lo cual, creemos útil y necesario introducir el uso de las paletas curvas en las *ruedas por debajo*.

283 Estas producen el efecto *máximo* cuando la circunferencia de la rueda toma la mitad de la velocidad de la corriente; es decir, precisamente igual á la que conviene, en virtud de la teoría (253) á las ruedas de paletas ordinarias para la produccion del mismo efecto; de donde se sigue que las ruedas de paletas curvas, de que aquí se trata, ademas de la ventaja de producir el mayor de todos los efectos posibles, tendría aun la de poderse sustituir inmediatamente á las ruedas del antiguo sistema, sin mudanzas de ninguna especie.

284 Acerca de las ruedas verticales, que reciben el agua por encima del centro, discurrí que el agua debía caer en el cajon á treinta grados del vértice ó punto mas alto de la rueda, para que obrase con su peso al estremo de un brazo de palanca de la magnitud igual á la mitad del radio. Para lo cual, se necesita que el punto de derrame del agua se halle mas bajo que dicho vértice una magnitud igual aproximadamente á $\frac{1}{7}$ del valor del espresado radio. Mas los cajones de esta rueda, con arreglo al principio de la conservacion de las fuerzas vivas, deberán ser curvilíneos, y estar de tal modo dispuestos que el agua caiga en el cajon, no en direccion hácia el eje de la rueda, sinó que fuese á chocar con los cajones en su parte interior mas distante del centro; en cuyo caso, aunque se descompusiese la velocidad en dos, la una vertical y otra horizontal, ninguna se ejercía contra los gorrones, y ambas cooperaban á que

girase la rueda. Debería disponerse de modo que el agua no cayese jamas sobre la parte esterior del cajon vacío mas próximo á llenarse; lo que se conseguiría disponiendo de modo el filete ó pared por donde debía salir el agua que tuviese una cierta inclinacion hácia afuera, tal que fuese algo mas inclinada que la tangente que se tirase desde el punto de salida del agua á la curva del cajon. Y para facilitar que el agua se escape, debía disponerse de modo que el grueso de la vena de agua fuese como la mitad de la abertura del cajon; y ademas que el ancho de la espresada vena fuese menor que el del cajon como unas dos pulgadas hácia cada estremo.

285 Otro defecto, que tenían las ruedas construidas hasta entónces, era dar mucho fondo á los cajones y poco ancho: en cuya disposicion se pierde mucha potencia, por lo que entraba en mis idéas el hacer las ruedas muy anchas y que el cajon tuviese poco grueso, á fin de aumentar mas el brazo de palanca á que obra el peso del agua.

286 Las circunstancias ocurridas desde el año de 1819 hicieron que se interrumpiesen mis trabajos sobre el proyecto de conducir aguas á Madrid; y que tampoco pudiese publicar por consiguiente mis idéas sobre este particular. La mejora de estas ruedas es tanto mas esencial, cuanto suponiendo conducida por ejemplo á la puerta de Santa Bárbara la gran cantidad de agua que puede hacerse llegar allí, estableciéndose los competentes depósitos que yo proponía (página 686 del Mercurio de diciembre de 1824), resultaba lo siguiente. Hácia la puerta de Santa Bárbara se ejecutaba el depósito de distribucion de las necesarias para beber, ó sean potables, y de las que se necesitaban para otros usos, como de limpieza, fuentes de salubridad y adorno, regadío de huertas, jardines &c., y operaciones industriales. La puerta de Santa Bárbara es el punto mas alto de Madrid; la puerta de San Vicente es el punto mas bajo, siendo la diferencia del nivel entre estos dos puntos 275 pies 11 pulgadas y 4 líneas, segun resulta por la nota puesta al (esc. del § 660 I T. E.). Por mi Memoria de dicha nivelacion (pág. 683 del Mercurio de diciembre de 1824), resulta que, aun sin adoptar el sistema de los depósitos en las montañas, podrían traerse las aguas del Guadalix, que ascienden á 16731 pies cúbicos por hora, que hacen 1498 rs. de agua. Suponiendo que los 731 pies cúbicos por hora se empleasen para los usos potables, que no es poco, quedan todavía 16000 pies cúbicos por hora para emplearse al mismo tiempo en objetos de utilidad, comodidad y adorno, como limpieza, regadío de jardines, huertas, Retiro, Casino de la Reyna Nuestra Señora, Jardin Botánico,

Veterinaria &c.: y aunque no se aprovechasen en su tránsito hasta el parage de su destino, sinó 200 pies, resultaba una potencia motriz en favor de la industria, dentro de Madrid, equivalente á elevar 3200000 pies cúbicos de agua á un pie de altura en una hora; ó lo que es lo mismo, la fuerza motriz que podrían ejercer 3200000 pies cúbicos de agua en una hora cayendo de un pie de altura; lo que en 24 horas equivale á la fuerza necesaria para elevar 76800000 pies cúbicos de agua á un pie de altura; y como por el número 18 de la tabla segunda § 151 aparece, que un caballo ó una caballería mayor, de las que se usan en España, puede ejercer en un dia, obrando sobre una máquina, un esfuerzo que equivale á elevar 106920 pies cúbicos de agua, á un pie de altura, dividiendo 76800000 por 106920, resulta una potencia motriz equivalente á mas de la que podrían ejercer 718 de estos caballos ó caballerías mayores. Y si se adoptase el sistema de depósitos en las montañas, que yo proponía, podría esceder esta ventaja, á mas de la que proporcionarían tres ó cuatro mil caballerías.

287 Deséo el que las personas, versadas en los diferentes ramos de industria mediten acerca de las estraordinarias ventajas que de esto podrían resultar, ademas de las utilidades directas que el agua suministraría por sí en los otros objetos. Por lo cual, era un asunto muy digno de la meditacion de todo hombre, amante de su pais, y con particularidad de los Madrileños. Para poder sacar dichas ventajas, escogité estas dos clases de ruedas; las de paletas curvas movidas por debajo y que la rueda no tuviese tambor, para el caso en que la corriente de agua fuese seguida sin salto; y las otras, para cuando se pudiese proporcionar caida ó salto. En este intermedio, he viajado por gran parte de la Europa; y he tenido la satisfaccion de ver realizadas casi todas mis propias idéas sobre este particular; pues aunque bajo cierto aspecto me ha dado pena el ver que las circunstancias no me hayan permitido hacer público este invento ántes de conocerse en Europa, sin embargo, como en mí supera mas el deséo de ser útil, que todo lo que pueda tener relacion con el amor propio, me ha causado mayor placer el ver realizados mis pensamientos, que el que podría resultarme por la ambicion de gloria en haberlo publicado ántes que los demas. En efecto, de este modo parece como poderse deducir, que *pues en este asunto, que es de tanta importancia, mi modo de discurrir ha sido puesto ya en ejecucion con éxito feliz, se debe esperar que las demas cosas que proponga, y que aun están por realizar, pro-*

ducirán los mismos buenos resultados que se predicen.

288 Entendido esto, paso ahora á indicar los progresos que se han hecho despues del año de 1819 en que me ocurrió esta idéa.

Mr. Poncelet, Capitan de Ingenieros, y Profesor de Mecánica aplicada á las máquinas en la Escuela Especial de Artillería *y de Ingenieros en Metz*, presentó á la Academia Real de Ciencias del Instituto de Francia una *Memoria sobre las ruedas hidráulicas de paletas curvas movidas por debajo*, que ganó en 1825 el *premio de Mecánica fundado por Mr. de Montyon*, y se publicó en los *Anales de Física* y de *Química*, en el *Boletin de la Sociedad de Fomento*, y en los *Anales de Minas* de 1825 y 1826; y despues el Autor la reimprimió en Metz en el año de 1827 con otra Memoria sobre los esperimentos en grande relativos á una nueva rueda insertando la instruccion sobre el modo de proceder á su establecimiento. El Autor, con el fin de hacer la nueva publicacion de su *Memoria* mas provechosa á la industria manufacturera, ha tenido cuidado de insistir sobre todos los puntos que daban lugar á observaciones importantes; coincidiendo en esta parte con nuestro modo de pensar y con el sistema que seguimos constantemente en esta obra. Él dice que no ha temido el repetirse, sobre algunos puntos, para ilustrarlos mas y mas, y con especialidad sobre aquellos que no estaban suficientemente estudiados ó desenvueltos en la primera *Memoria*. Y haciéndose cargo de que ciertas personas ponen en duda, la utilidad de las aplicaciones de la Mecánica racional á las máquinas, ha creido oportuno, y con mucha razon, el hacer un competente número de esperimentos, tanto para verificar por hechos las leyes ó fórmulas deducidas del *principio de la conservacion de las fuerzas vivas*, como para determinar los coeficientes constantes que deben modificar los valores dados por estas fórmulas, con el objeto de que sean mas fácilmente aplicables.

289 A fin de hacerse entender mejor de los prácticos, ha evitado en cuanto le ha sido posible todo aparato y lenguage científico, y el empléo de cálculos que escediesen á las cuatro primeras reglas de la Aritmética: pone una tabla de las alturas de caida correspondientes á diferentes velocidades, que considera bastante para este objeto, y ejemplos de cálculos que sirven para hacer percibir la aplicacion de las reglas. Al formar dicha tabla de alturas, incurre *Mr. Poncelet* en el descuido general de que las variaciones de la fuerza de la gravedad no influyen sobre este particular: lo que, aunque es cierto ha-

blando generalmente para las aplicaciones particulares, no lo es, sin embargo, para los esperimentos que se han de considerar como bases ó comprobantes de las teorías. Al referir los resultados ventajosos que le han manifestado los Sres. *Poncet*, hermanos, se aprovecha de esta ocasion para espresar el vicio de los medios que empléan frecuentemente los prácticos para apreciar la fuerza de las ruedas hidráulicas en movimiento, y de recordar muchos principios de Mecánica, cuya utilidad y exactitud bien que incontestables, no parecen ménos desconocidos generalmente por gran parte de los que raciocinan sobre las máquinas, ó que las construyen.

290 En efecto, los Sres. *Poncet*, hermanos, célebres especuladores de Avignon en el ramo de la *rubia ó granza*, sedas, &c., construyeron dos de estas ruedas en el año de 1826 para moler la rubia; yo visité sus establecimientos en 1829; y me convencí prácticamente de sus ventajas. Una de las ruedas, que apenas les costaría diez mil rs., les producía 800 francos mas de trabajo diario, que equivale á 3200 rs. cada dia; lo cual prueba sus ventajas del modo mas convincente.

291 *Mr. Poncelet* dice pág. 8 de su Memoria que "la idéa de sustituir paletas curvas á las paletas rectas del antiguo sistema parece natural, y tan sencilla, que hay motivo para creer que haya ocurrido á mas de una persona"; lo cual se halla comprobado; pues que yo lo tengo discurrido desde el año de 1819, y aun manifestado mis idéas confidencialmente á varias personas en el Instituto de Francia á fines del año de 1824, lo que acaso podría haber llegado á noticia de *Mr. Poncelet* y originar el que se esprese de esta manera.

292 Acerca de las ruedas de *por encima de cajones curvilíneos*, aunque no hay nada escrito sobre el particular, las he visto construidas en Annonay con muchísima perfeccion, en virtud de las investigaciones propias de los célebres ingenieros *Mrs. Seguin*, y aplicadas á todas las operaciones de la fabricacion de los paños, incluso el modo de tejerlos por máquina, habiendo sido allí donde ví el primer *telar mecánico* movido por el agua para tejer el paño. Las ví aplicadas tambien á moler el trigo, y á la fabricacion del papel en la fábrica mas bien dirigida que se conoce en Francia, que es la de *Mr. Decanson*; y tambien para el movimiento de la máquina de papel sin fin, ó papel del ancho que se quiera y de una longitud indeterminada; pues va resultando el papel como una pieza de lienzo. En términos, que mi alma se complació de un modo sumamente

estraordinario al ver realizadas mis propias idéas y de un modo asombrosísimamente ventajoso.

Yo manifesté á *Mr. Seguin*, el mayor de los cuatro hermanos, que tengo el honor de conocer, que aquella disposicion de las ruedas coincidía muy exactamente con la que yo tenía premeditada desde 1819, y que las circunstancias no me habían permitido publicar. A lo que me contestó *Mr. Seguin*, que las circunstancias en que él se hallaba tambien, de la premura con que necesitaba proceder en el camino de fierro que se construía en aquel tiempo desde *Saint Etienne* á *Lyon*, empresa de cuya ejecucion cuidaban casi esclusivamente los espresados cuatro hermanos, en union con *Mr. Biot*, hijo del famoso Astrónomo, que es miembro del Instituto, y que ha escrito tantas obras útiles sobre *Astronomía*, *Física*, *Mecánica*, &c., &c., no le habían permitido escribir una Memoria sobre este género de ruedas, y que se proponía ejecutarlo tan pronto como le fuese posible. Todos los amantes de las aplicaciones de las ciencias á los diferentes ramos industriales deben aguardar con impaciencia la obra de *Mr. Seguin* sobre este particular; pues como las ruedas construidas han precedido á la composicion de la obra, no solo resultará una gran claridad por la comprobacion de la teoría con la esperiencia; sinó que como aquí la teoría y la práctica han caminado simultáneamente y de comun acuerdo, se debe esperar que todo cuanto dicha obra contenga, fluirá y se dejará percibir con la mayor claridad; pues que se harán sentir á la vez las dos antorchas, *teoría y práctica*, reunidas; y partiendo de un orígen comun, no presentarán aquella confusion que resulta de dos luces distintas, que la una causa una cierta sombra á la otra.

Lo único en que las mias se diferencian de las de *Mr. Seguin*, es que este las dispone de modo que el agua cae desde luego en la parte superior de la rueda, y segun mi disposicion (fig. 65 lám. 5), el agua, sin pasar por encima de la rueda, cae de modo que va á parar á un cajon donde obra al estremo de un brazo de palanca igual á la mitad del radio de la rueda: lo cual debe producir mayor efecto útil con una misma caida de agua, y los mismos gastos sobre poco mas ó ménos de construccion, conservacion y reparacion de la máquina: debiendo advertir que habiendo yo manifestado mis idéas sobre este particular á *Mr. Navier* en nuestras últimas conferencias en París, mereció su mas completa aprobacion.

Descripcion, modo de obrar, cálculo y efecto dinámico de las ruedas de paletas curvas movidas por debajo.

293 Estas ruedas ofrecen unas ventajas sumamente grandes para las caidas ordinarias de los paises llanos, y en que no conviene desfigurar la madre ó álveo de las corrientes de agua; y no exigiendo su construccion grandes gastos para su establecimiento, reunen la circunstancia de necesitar capitales cortos.

La (fig. 69 lám. 1) representa una de estas ruedas de paletas curvas, dispuesta de modo que se evita todo lo posible el choque del agua y la pérdida de velocidad que se verifica de ordinario, despues que ella ha obrado: estas paletas se hallan embutidas en planos anulares, á la manera de las ruedas de cajones, sin tener fondo como estas, y deben ser de una sola pieza, sea de fundicion ó de hoja de fierro, sea de laton, cobre, azófar, &c., y aun de materias fundidas, y entónces se ahorra el embutirlas en los planos anulares, adaptando á ellas rebordes elevados ó asegurados con pernos sobre estos planos. *Mr. Poncelet* propone tambien que se hagan de varias planchuelas ó tablas de madera; pero en mi concepto, estas presentarían muchos inconvenientes en su ejecucion, estarían muy espuestas á descomponerse; y por otra parte, por bien que estuviesen hechas, siempre ofrecerían desigualdades en sus líneas de union; lo cual ocasionaría choques y movimientos bruscos que disminuirían su cantidad de accion. En ciertos casos se hallará mas á propósito suprimir los anillos y reemplazarlos por sistemas de llantas, como se practica ordinariamente para las ruedas de paletas rectas movidas por debajo: las paletas curvas se deberán entónces sostener por piezas de fierro, cuya parte inferior se sujete con pernos á la llanta despues de haberla atravesado; el resto será mas delgado y estará unido á la curva. Es indiferente su figura con arreglo al principio de la conservacion de las fuerzas vivas; por lo que se elegirá el que su trazado sea fácil, como verémos despues: de distancia en distancia contendrá pequeños agujeros para recibir los clavos ó pernos destinados á fijar la paleta. En el caso, de que se trata, será muy útil para el efecto, el colocar rebordes que sobresalgan sobre las paletas, segun el sistema de *Mr. Morosi*; estos rebordes podrán tener de 2 á 3 pulgadas, pero será preferible sin contradiccion, cerrar enteramente los lados de las paletas por planchas ó piezas de hoja de fierro delgado, que ocuparán poco lugar en el canalizo y serán sostenidas por las llantas y las curvas.

294 He aquí las principales disposiciones del canalizo y de la compuerta. El primero debe estar inclinado $\frac{1}{10}$ con la mira de restituir al agua la pérdida de velocidad ocasionada por el rozamiento contra

las paredes; su inclinacion puede sin inconveniente ser mucho menor cuando la lámina de agua es gruesa ó la velocidad es pequeña, como sucede en la mayor parte de los casos.

El ancho del canalizo debe ser igual, ó lo que es aun mejor, un poco menor que el de las paletas de la rueda. A este efecto, conviene hacer en las paredes laterales escavaciones circulares *REC* (figuras 69, 70 y 71), propias á recibir los arcos y una porcion de las paletas de la rueda: debe existir el menor juego posible entre las nuevas paredes y los anillos; en fin, es necesario hacer un resalto ó asiento *FF* á una cierta distancia del plano vertical que pasa por el eje de la rueda, á fin de facilitar que se difunda el agua despues de su salida de las curvas. El canalizo debe ademas ensancharse lo mas posible (fig. 70) en las cercanías de este asiento, con la mira de facilitar aun mas esta separacion; y cuando las localidades permitan este ensanche, del modo conveniente se podrá omitir el resalto. En cuanto á la retenida ó presa de agua *B*, es necesario inclinarla hácia adelante, de modo que se aproxime el boquete á la rueda, y bajo esta relacion acaso convendría tambien, cuando las paredes de este boquete son muy anchas, colocar fuera la compuerta *BR* haciéndola de una hoja de fierro fuerte ó de una placa de fundicion delgada, resbalando con poco juego en una ranura ó muesca hecha sobre las paredes del canalizo: su manejo se puede efectuar por medio de un *cric* ó de cualquiera otro modo.

295 Para dar á conocer la teoría de las ruedas, de que se trata, admitirémos que el agua, al salir del boquete tome una velocidad cuya direccion sea sobre poco mas ó ménos tangente á la circunferencia de esta rueda; por lo cual, suponiendo que el primer elemento de la curva de las paletas se aproxima á ser tangente á esta circunferencia, no habrá choque sensible á la entrada del agua en la rueda, y resbalará á lo largo de cada curva suficientemente prolongada, con una velocidad relativa igual á su velocidad propia, disminuida de la velocidad uniforme de la rueda, y se elevará, comprimiendo la curva, á una altura sensiblemente igual á la que responde á esta velocidad. Por consiguiente, si el asiento *F* ó resalto del canalizo (figs. 69, 70 y 71) se coloca de tal modo que la orilla inferior de la curva esté en él precisamente, cuando el agua va á llegar á su mayor elevacion, esta volverá á bajar á lo largo de la curva, comprimiéndola de nuevo, y se escapará por la parte inferior con una velocidad relativa sensiblemente igual á la que poseía al entrar, y que tendrá por direccion la del elemento inferior de esta cur-

va. En cuanto á la velocidad absoluta, conservada por el agua, será igual á la diferencia de su velocidad relativa á lo largo de la curva y de la velocidad propia de la rueda; pues que se puede aun suponer aquí el último elemento de la curva sensiblemente tangente á la circunferencia de esta rueda; mas para que no haya fuerza perdida, será necesario que esta velocidad absoluta sea nula, ó al ménos que sea todo lo menor posible.

296 En virtud de esto, llamando V la velocidad del agua en el parage del canalizo donde principia á subir sobre la paleta curva, H la altura debida á esta velocidad, M la masa de agua que pasa, durante un segundo, g la fuerza de la gravedad, y v la velocidad uniforme que debe tomar la rueda, $V—v$ será la velocidad relativa con que el agua se eleva á lo largo de la curva, y $\frac{(V-v)^2}{2g}$ será la altura á la cual llegará á lo largo de esta curva. En virtud de lo que precede, adquirirá de nuevo, descendiendo á lo largo de esta misma curva, la velocidad $V—v$: ejerciendo esta velocidad bajando por la paleta, en direccion opuesta á la de la rueda; y si de esta, quitamos la velocidad v, que toma al confundirse con la masa de agua que se mueve hácia adelante, nos resultará que la velocidad absoluta del agua, al salir de la rueda, será $(V-v)-v=V-2v$; esta velocidad debiendo ser nula para la produccion del *máximo* efecto, se tendrá $V—2v=0$, que da $v=\frac{1}{2}V$; es decir, que la rueda deberá tomar la mitad de la velocidad de la corriente, que es lo mismo que se verifica, en virtud de la teoría (253) respecto de la rueda de paletas ordinarias movida en un canalizo.

Para determinar la cantidad de accion, de que es capaz esta rueda, suponiendo que ha llegado á la uniformidad, espresarémos por P el esfuerzo constante ejercido en su circunferencia; el cual se puede concebir que representa un peso igual, elevado por una cuerda arrollada sobre un tambor del mismo diámetro que la rueda; y tendrémos que Pv será, en la unidad de tiempo, la cantidad de accion que corresponde á este esfuerzo; la gastada en el mismo tiempo en virtud de la caida, será MgH; así $MgH—Pv$ es la cantidad de accion total comunicada al sistema. Por otra parte, la velocidad absoluta que queda al agua, despues de haber obrado sobre la rueda, es, en virtud de lo que precede, $V—2v$: luego la fuerza viva que habrá adquirido al cabo del tiempo en cuestion, será $M(V—2v)^2$; y por consiguiente se tendrá, en virtud del citado principio (nota del

§ 127) $M(V-2v)^2=2(MgH-Pv)$; de donde resulta $Pv=MgH-M\frac{(V-2v)^2}{2}$ (45); ó á causa de ser $V^2=2gH$, si espresamos Pv por E será $E=Pv=2M(V-v)v$ (46).

Tal es teóricamente la cantidad de accion trasmitida á la rueda en la unidad de tiempo, cuando su movimiento ha llegado á la uniformidad.

297 Indagando, en virtud de lo espuesto (564 II T. E.) los casos en que esta espresion es *máximo ó mínimo*, resulta que cuando $v=\frac{1}{2}V$, el valor de $E=Pv$ es un *máximo* *. Y la cantidad de accion ó efecto que esta puede producir ó proporcionar, comunicada á la rueda, en este caso, es $E=Pv=M\frac{V^2}{2}=MgH$; pues que siendo $V=\sqrt{2gH}$, resulta $V^2=2gH$, y $\frac{V^2}{2}=gH$; es decir, que *es igual á la cantidad de accion total poseida por el agua misma en el instante que entra en la rueda.*

298 Llamando Q el gasto de agua en un segundo, espresado en volúmen, y observando que $g=35{,}0961$ pies españoles en Madrid **, se tendrá $Mg=47\ Q$ libras; lo que da $M=\frac{47Q}{g}$; en virtud de lo cual, las fórmulas de arriba, que espresan la cantidad de accion trasmitida á la rueda, vendrán á ser, para el caso de una velocidad

* En efecto, hallando el primer coeficiente diferencial de la (ec. 46), resulta $\frac{dE}{dv}=2M(V-v)-2Mv$; igualando á cero esta espresion, y suprimiendo el $2M$ que es comun, será $V-v-v=0$; ó $V-2v=0$, que da $v=\frac{1}{2}V$. Para cerciorarnos de que en este caso, el valor E debe ser un *máximo*, hallarémos el segundo coeficiente diferencial, que es $\frac{d^2E}{dv^2}=-2M-2M=-4M$, el cual no desapareciendo y siendo negativo, indica (§ 564 II T. E.) que el valor E es un *máximo* cuando $v=\frac{1}{2}V$.

** *Mr. Poncelet* incurre en el descuido general de que las variaciones de la fuerza de la gravedad no influyen en estos resultados; lo que no es cierto, segun tenemos tantas veces repetido, y hemos demostrado (§ 29 libro 3.°).

cualquiera v, $E=Pv=2M(V-v)v=\frac{2.47Q}{g}(V-v)v=\frac{94Q}{g}(V-v)v$ (47);

y para el caso del *máximo* efecto $E=Pv=47QH$ (48).

Las presiones ó esfuerzos ejercidos en las mismas circunstancias, en el estremo del radio de la rueda, serán respectivamente.

En el caso de una velocidad cualquiera $P=\frac{94Q}{g}.(V-v)$ (49).

Y en el caso del *máximo* efecto, que es cuando

$v=\frac{1}{2}V$, $P=47Q\frac{H}{\frac{1}{2}V}=47Q\frac{\frac{V^2}{2g}}{\frac{1}{2}V}=47Q.\frac{V}{g}$ libras españolas (50).

299 De aquí resulta, que, teóricamente hablando, se verifica: 1.° que esta rueda producirá un efecto doble del de las ruedas ordinarias por debajo, é igual al mayor de todos los efectos posibles; 2.° la presion ó esfuerzo ejercido sobre la rueda será igualmente duplo del que sufren las ruedas por debajo para las mismas velocidades, ventaja importante en todos los casos en que la resistencia que hay que vencer al principio es considerable; 3.° en fin, la velocidad de la rueda, correspondiente al *máximo* efecto será la mitad de la que tiene la vena de agua; y por consiguiente la misma que la indicada por la teoría para las ruedas de paletas ordinarias.

300 Diferentes circunstancias impiden que las cosas se verifiquen del mismo modo en la práctica: conviene pues examinarlas, ántes de pasar adelante, tanto para conocer su influencia respectiva sobre los resultados, como para deducir reglas sobre la mejor disposicion que se debe dar á las diversas partes del sistema.

La teoría que precede, supone, en efecto, que el agua entraría en la rueda sin chocar las curvas, y que saldrá de ella con una velocidad dirigida en sentido contrario del que poseé la circunferencia esterior de la rueda; y para satisfacer á la otra, convendría inclinar su primer elemento una cierta cantidad con relacion á dicha circunferencia: esta inclinacion se halla ser de 24°. Es decir que siendo *ab* (fig. 72 lám. 1) la superficie del filete, la tangente *bd* del estremo *b* del arco, de la paleta curva *bm*, debe formar con la *ab* prolongada hácia *c* un ángulo *dbc* de unos 24°, para que el choque produzca ménos pérdida de fuerza viva.

301 En el estado actual de imperfeccion de la Hidráulica, es muy difícil estimar con todo rigor la fuerza viva perdida por el choque en la cuestion, de que nos acabamos de ocupar; y lo que precede se debe considerar como un límite aproximativo á la verdad. La pérdida de fuerza viva, que resultaría de que el agua, en vez de salir de la rueda tangencialmente á su circunferencia esterior, se escapase bajo el ángulo de 24°, adoptado ántes para la inclinacion del primer elemento de las curvas, tampoco resulta de consideracion; pues viene á equivaler como á $\frac{1}{25}$ de la fuerza víva total que el agua tiene ántes que haya obrado sobre la rueda: esta pérdida, unida á la que se debe al choque, no llegará, segun *Mr. Poncelet*, mas que á 0,07 MV^2, cantidad aun bastante pequeña con relacion á las causas de pérdida inseparables de todas las especies de ruedas hidráulicas. Dicha pérdida disminuirá por otra parte con la amplitud del arco de rueda abrazado por la vena de agua afluente; pero entónces tambien el ángulo formado por el primer elemento de la curva con la circunferencia de la rueda, podrá ser menor que 24°.

302 Como la velocidad con que llega el agua sobre las curvas es $V-v$, se elevará en ellas sobre poco mas ó ménos á la altura $\frac{(V-v)^2}{2g}$; de donde resulta que esta altura es variable con la velocidad v de la rueda, y la mayor posible para el caso en que la rueda es inmóvil; esta altura siendo entónces $\frac{V^2}{2g}$, se ve que sería necesario dar á las curvas una altura casi igual á la de la caida, si se quisiese aprovechar de toda la velocidad del agua en el instante que parte la rueda; pero como esta dimension de las paletas sería muchas veces exorbitante é inejecutable en la práctica, y por otra parte se puede, sin muchos inconvenientes, sacrificar una porcion del efecto de la caida, en el instante de que se trata, cree *Mr. Poncelet* que bastará en el mayor número de casos, limitarse á dar á las curvas la altura que corresponde á la velocidad $v=\frac{1}{2}V$ del *máximo* efecto.

303 La espresion $\frac{(V-v)^2}{2g}$ es entónces $\frac{1}{4}\cdot\frac{V^2}{2g}$; es decir, que [redacted] precisamente el cuarto de la caida total. Para las caidas superiores á 7 pies, se juzgará algunas veces oportuno, atendiendo á la eco-

nomía, el conformarse á esta proporcion, mientras que para las caidas mucho mas pequeñas, se podrá aumentar sin inconveniente, llevándola por ejemplo hasta el tercio ó aun á la mitad de la altura total de caida.

Yo, á pesar de la respetable opinion de *Mr. Poncelet*, siempre aconsejaré que se lleve hasta la mitad de la altura de caida en virtud de mis propias observaciones en las ruedas que ví en Avignon. Por lo que se deberá un oatener al género de construccion que convenga establecer, segun la naturaleza de los materiales que se quieren emplear en ella, sin olvidar que hay siempre una cierta ventaja unida al aumento de las curvas ó de los anillos que las contienen; porque, ademas de que sucede frecuentemente en la práctica, que la velocidad de las ruedas se aleja mas ó ménos de la que responde al *máximo* efecto, se tiene aun que temer, restringieudo la altura de las curvas, el disminuir la fuerza del impulso del agua al partir de la rueda. Por lo demas, si se adopta una disposicion tal, que en el momento en que el agua se eleva sobre las curvas, su direccion ó la de su último elemento sea sobre poco mas ó ménos perpendicular á la direccion del movimiento de la rueda, la pérdida de efecto que resultará de que el agua abandone á las paletas, será de poco momento, pues que cesaría entónces de comprimirlas, y al volver á caer, obrará de nuevo por su peso y su velocidad adquirida sobre el agua inferior.

304 En virtud de todas estas consideraciones, y para la facilidad de la ejecucion, se decide por el trazado siguiente de las curvas. Habiendo tirado un radio cualquiera *Ab* (fig. 72 lám. 1) de la rueda, y determinado el ancho *bb'* de los anillos que deben encerrar las paletas, ancho que debe ser al ménos el cuarto de la altura total de caida, segun *Mr. Poncelet*, y que yo aconsejo que sea igual á la mitad, se tirará desde el punto *b* de la circunferencia esterior, una recta *bO* inclinada sobre el radio *Ab*, hácia la compuerta, un ángulo *AbO* igual ó un poco menor que el ángulo *AEK* formado por la perpendicular *EK* al filete superior *DE* de la vena de agua, que se debe introducir en el canalizo, con la direccion *AE* del radio que responde al punto *E* donde este filete encuentra á la circunferencia esterior de la rueda. Tomando despues por centro un punto *O* situado un poco superior á la circunferencia interior del anillo, por ejemplo, de un séptimo ó un sesto de su ancho, se describirá con la distancia *bO* por radio, el arco de círculo *bm* terminado por una y otra parte en el anillo; y este arco será el que se podrá adoptar para la parte superior de las paletas de la rueda.

305 En cuanto al desvío de estas paletas, dice *Mr. Poncelet*, que la teoría precedente no suministra ningun medio para determinarle; y que en su consecuencia se le puede, á falta de otra cosa mejor, determinar por los principios seguidos para las ruedas ordinarias de por debajo.

Yo establecería, por principio general, que la distancia esterior entre paleta y paleta fuese, á lo mas, igual á la altura del filete de agua; y ser la paleta todo lo delgado posible.

Resulta, en particular, de la multiplicacion de las paletas, la importante ventaja de que, bajo las fuertes venas de agua y las fuertes cargas, sosteniendo cada una de ellas una presion mas débil, se gastarán ménos y serán de mayor duracion: es evidente que el principal inconveniente que pueda ocasionar esta multiplicacion, es disminuir la capacidad individual de los cajones, así como el espesor de la vena de fluido que se introduce en ellos; pero si se construyen las curvas de hoja de fierro poco gruesas, la suma de los vacíos, que dan acceso al agua sobre la rueda en un tiempo determinado, no se disminuirá sensiblemente.

306 Nos falta examinar aun la forma y posicion que se debe dar, tanto al canalizo como al asiento ó resalto que le termina, á fin de satisfacer lo mejor posible á las condiciones de la teoría.

En cuanto al resalto F, (figs. 69, 70 y 71 lám. 1) se ve que su arista superior debería estar situada en el punto de la rueda por el cual el agua principia á salir de las paletas; y la determinacion de este punto *á priori*, parece muy difícil, en atencion á que depende del tiempo que el agua empléa en subir ó en bajar á lo largo de las curvas, y del espacio corrido por la rueda, durante este tiempo. *Mr. Poncelet*, hablando de este asunto, hace muchas reflexiones juiciosas, pero que en mi concepto son insuficientes en la práctica; y despues de haberlas meditado y combinado con mis propias investigaciones, juzgo que se podrá establecer por regla práctica, mientras la esperiencia no se haya pronunciado mas, el que *el resalto ó el ensanchar el canal de desagüe, no principie sinó á una distancia igual á la de dos espacios de paletas consecutivas. Mr. Poncelet* dice que el canalizo debe ser concéntrico á la rueda, aunque las figuras no lo manifiestan; y á mí me parece que bastará que sea rectilínea toda la parte, hasta el punto de resalto ó de ensanche del canal de descarga; pues ese desvío mas de la rueda, que resulta de este modo, es conveniente para que pase el agua que ya ha salido de las paletas.

307 La colocacion del resalto estando arreglada en virtud de estas condiciones, se deberá degradar sin garrotes el fondo del canal inferior HI (fig. 71) por medio de una recta mas ó ménos inclinada, que termine por una curva FH tangente á este fondo. Será tambien oportuno terminar los lados del canalizo en la arista F, para permitir al agua estenderse inmediatamente por todo el ancho de la salida que presenta el canal inferior; ó si esto es imposible por la naturaleza de las construcciones ya establecidas, será necesario ensancharle todo lo que se pueda.

La altura absoluta de la arista F del resalto sobre el fondo del canal inferior, es relativa al régimen habitual de las aguas en dicho canal, y solo hay que prescribir sobre este particular, el que se le debe dar la menor elevacion posible sobre el nivel que toman estas aguas durante el trabajo, á fin de no disminuir demasiado la altura de la caida. Por lo demas, los preceptos que se podrían dar sobre este asunto son comunes á todas las ruedas de que el agua se escapa con una velocidad casi nula ó muy pequeña, y se habrá notado que la de que hablamos no tiene, en el mismo grado que la mayor parte de las otras ruedas, el inconveniente de levantar ó de chocar el agua por detras cuando está *anegada*: por manera, que bastará en la mayor parte de los casos, poner la arista F en la prolongacion de la superficie superior HI de las aguas del canal de descarga.

Resultado de los esperimentos sobre los efectos de las ruedas verticales de paletas curvas, movidas por debajo.

308 Solo se han contado por buenos (dice *Mr. Poncelet*) los esperimentos, que, repetidos muchas veces, no han dado sinó diferencias de un semi-segundo, en la duracion total. Su primer resultado ha sido el que la relacion de la velocidad de la circunferencia esterior de la rueda, para el caso del *máximo* efecto, á la velocidad efectiva del agua en el momento en que va á entrar en la rueda, no se aleja del número 0,5 que está indicado por la teoría; solamente parece en general, ser un poco mas fuerte; de manera, que, bajo este punto de vista, la teoría se halla suficientemente confirmada por la esperiencia. El resultado final de todos los esperimentos hechos, tanto en pequeño como en grande, es que el efecto dinámico de estas ruedas, ó las cantidades de accion trasmitidas respectivamente por la rueda, son, por término medio, los 0,6 de las cantidades de accion debidas á la caida total, contada partiendo desde el nivel del agua en el depósito hasta el punto mas bajo de la rueda;

y que se podrá elevar hasta cerca de 0,66 cuando dichas cargas sean inferiores á unos cuatro y medio pies españoles.

109 Se empleará últilmente esta rueda para caidas superiores á 7 pies españoles, siempre que el nivel, ántes ó despues, sea susceptible de variar mucho en las diversas estaciones, y que teniendo que gastar un gran volúmen de agua, por ejemplo, que escediese á 60 ó 70 pies cúbicos españoles por segundo, se deba obtener inmediatamente una gran velocidad sin complicacion de engranages.

Como nuestro objeto es presentar cuantos conocimientos conduzcan á poner en ejecucion estas ruedas, vamos á insertar casi literalmente la *instruccion práctica sobre el modo de proceder al establecimiento de las ruedas hidráulicas de paletas curvas, que pone Mr. Poncelet* pág. 101 de su Memoria.

310 "Los principios (dice) concernientes á la construccion de la nueva rueda, estando esparcidos en las dos Memorias que preceden, y frecuentemente mezclados con reflexiones puramente teóricas, de un interes muy secundario para las personas que se limitan á las aplicaciones, yo creo á propósito reasumirlas ó recordarlas sumariamente, manifestando, por ejemplos, el rumbo que se deberá seguir para calcular ó fijar, en cada caso, las dimensiones mas convenientes de la rueda y de las diversas partes que dependen de ella, segun la altura de caida y el volúmen de agua de que se puede disponer.

» *Operaciones preliminares.* Regularmente ocurren dos casos principales que examinar: en el primero, se quiere establecer, economizando lo mas que se pueda la fuerza del motor, una rueda de una potencia determinada, sobre una corriente de agua cuyo producto es mas que suficiente para hacer mover la máquina, y de que se conoce por otra parte la caida total ó la altura de la presa; en el 2.º se conoce ademas de esta caida, el volúmen de agua suministrado por la corriente en cada segundo, y se trata de establecer una rueda de paletas curvas que trasmita á una máquina la mayor parte posible de la cantidad de accion total que posée la caida. Estos dos casos se refieren el uno al otro inmediatamente en cuanto al objeto de los cálculos, pues que (306) la cantidad de accion trasmitida á la rueda será próximamente, por término medio, los 0,6 de la cantidad de accion total gastada por el fluido, y aquí una simple aproximacion es suficiente para arreglar las dimensiones principales de esta rueda y del boquete por donde ha de salir el agua. Creemos por otra parte que será en general conveniente fundar los cálculos, sobre lo que se verifica en las *bajas aguas ordinarias*, si la máquina es susceptible

de trabajar entónces de un *modo continuo y duradero*; si no, se deberá arreglar sobre lo que se verifica en la época de las *medianas ó medias aguas*; porque principalmente es cuando mas importa economizar el fluido.

» La observacion atenta del régimen de las aguas, tanto mas arriba como mas abajo de la presa, reunida al conocimiento que se ha podido adquirir sobre la fuerza que conviene aplicar á la máquina, enseñarán por lo comun el rumbo que se deba seguir; porque por una parte se sabrá aproximadamente cual es la altura de caida disponible y el producto de la corriente de agua en las diversas estaciones del año; de donde resultará inmediatamente el conocimiento de la fuerza ó de la cantidad de accion absoluta del motor; y por otra, se sabrá cual es la porcion de esta fuerza que será trasmitida útilmente á la máquina ó á la rueda que la mueve. Por *caida disponible* en una época cualquiera, se entiende la altura total comprendida entre el nivel del agua en el depósito superior y el de las aguas en el canal de descarga del ingenio, tomado en el parage mismo de la presa ó de la rueda, y en el instante en que el canal de descarga recibe toda la masa que afluye de esta rueda.

» Supongamos por ejemplo, que en las aguas bajas ordinarias, el rio suministre 30 pies cúbicos de agua por segundo, y que la caida total sea entónces de 6 pies; la fuerza disponible estará medida por el producto de estas cantidades, es decir, que equivaldrá á 180 pies cúbicos de agua elevados á un pie de altura por segundo. Dando la rueda por término medio los 0,6 de esta fuerza, se sacará de ella una cantidad de accion de cerca de $0{,}6 \times 180 = 108$ pies cúbicos elevados á un pie, y será necesario asegurarse que esta potencia puede bastar para que la máquina trabaje segun conviene al objeto á que se destina.

» Si se trata en particular, de una antigua rueda de paletas, movida por debajo, se sabrá que ella hacía, á lo mas, el cuarto de la fuerza total gastada, y que si se movía en una porcion circular del canalizo, cuya altura vertical fuese solamente el cuarto ó la mitad de la caida total, como sucede frecuentemente en la práctica, podrá hacer cerca de los 0,3 ó los 0,4 de la fuerza gastada, segun su estado mas ó ménos grande de perfeccion y la altura mas ó ménos pequeña del canalizo circular.

» En el caso en que la máquina no estuviese aun establecida, es claro que sería necesario, para hacer los cálculos, recurrir á la observacion de alguna otra máquina ya existente, sea sobre la misma

corriente de agua, sea en otro parage, y que tuviese un objeto análogo: lo que exigiría, por una parte, que se apreciase la fuerza absoluta que la pone en accion; y por otra, la fuerza que le es trasmitida realmente: la primera se obtiene, como lo hemos dicho, multiplicando el peso del agua gastada por la altura de caida disponible; la segunda, estimando, en virtud del resultado de los esperimentos y de los cálculos conocidos, la fraccion de fuerza trasmitida por el motor á la máquina,

»*Trazado de la rueda y de sus agregados ó partes accesorias.*

311 »Supondré, en lo que sigue, el que se conoce la caida disponible, y que se haya fijado aproximativamente el volúmen de agua que se debe gastar por la rueda hidráulica, en cada segundo, en la época que se ha tomado por base al establecer la máquina. Esto supuesto, se principiará por determinar èl diámetro de la rueda, que se quiere emplear, en virtud de las localidades, la disposicion interior del ingenio y la mas ó ménos velocidad que se necesita para el trabajo; porque se notará que el efecto de la rueda depende muy poco de la magnitud absoluta de este diámetro. No creo, sin embargo, que sea conveniente bajo ningun aspecto, colocar el eje de la rueda muy debajo del nivel medio de las aguas en el depósito; así, para una caida media de 1 metro ($3\frac{1}{2}$ pies esp.) no se dará ménos de 3 metros ($10\frac{1}{2}$ pies esp.) de altura ó de diámetro á la rueda.

312 »Determinado por este medio el diámetro, se fijará tambien el número de paletas cilíndricas segun lo que se ha prescrito ántes, á saber, que el ancho de los anillos debe ser al ménos el cuarto de la altura total de caida, y la distancia de ellos debe ser $\frac{3}{4}$ del espesor real de la vena de agua que afluye, es decir, de la mitad cerca de la abertura *máxima* del boquete, si esta abertura escede á 8 pulgadas esp., ó $\frac{2}{3}$ de esta misma abertura, si es mucho mas débil.

313 »Fijo ya el número de las paletas, se hace el trazado, en la magnitud natural, del perfil de la circunferencia esterior de la rueda, del canalizo y del resalto, conformándose á las indicaciones hechas (304 y siguientes); parece bastante conveniente dar al fondo del canalizo que derrama el agua sobre la rueda, una inclinacion como de $\frac{1}{10}$, no tanto para conservar el agua su velocidad, sinó para disminuir un poco la distancia real que ella corre; si esta inclinacion escede á la del fondo del depósito, será necesario degradarlas por un redondeamiento muy suave. Se recordará por otra parte que el fondo rectilíneo del canalizo debe ser tangente á su porcion circular, y que

esta última debe encajonar á la rueda sobre una estension muy poco superior al intervalo que separa dos paletas consecutivas, y con un juego que debe ser el menor posible, por ejemplo, como una pulgada á lo mas. Si, para evitar en parte la pérdida ocasionada por el juego inferior, se tuviese que dejar, conforme á lo que estaba prescrito por diversos Autores, un pequeño resalto, delante de la porcion circular del fondo del canalizo anterior, no siendo ya tangente á la rueda, será necesario al ménos dar á este resalto solo una altura pequeña, como de unas 2 pulgadas

314 Para tener la colocacion del asiento de la compuerta, se trazará la cara inclinada de la presa y la disposicion interior del depósito, como indica la (fig. 73 lám. 1); he aquí por otra parte cómo se podrán trazar en plano las degradaciones ó redondeamientos interiores cuando se haya fijado, por las operaciones subsiguientes, el ancho del canalizo, ó del boquete, así como su posicion respecto de las caras laterales del depósito.

»Siendo AB (fig. 74 lám. 5.ª) el ancho del canalizo y CD la cara vertical que limita las degradaciones ó redondeamientos EH, FG hácia el interior del depósito, se prolongarán los lados del canalizo hasta A' y B' sobre esta cara, y se trazará igualmente su línea media ó su eje II'. Esto supuesto, se trazará primero uno de los redondeamientos, por ejemplo el de la izquierda EH; despues se procederá de la misma manera para el de la derecha FG: si la distancia $A'C$ de A á la cara inmediata del depósito, es mas de 4 á 5 veces la semiabertura $A'I'$ ó AI del boquete, se tomará $A'E$ igual al $\frac{1}{4}$ cerca de $A'I'$ para obtener el principio E del redondeamiento; y no se tomará sinó el $\frac{1}{6}$, el $\frac{1}{8}$, el $\frac{1}{10}$ segun que $A'C$ sea solamente igual á 2 $A'I'$, á $A'I'$ ó á $\frac{1}{2}$ $A'I'$: fija ya la orilla E del redondeamiento, se llevará la distancia EI' de I' á K sobre el eje del boquete, y la perpendicular HK á este eje dará el otro estremo H del redondeamiento, que se acabará, haciendo pasar por los puntos E y H, un arco de círculo que coincida sin garrotes en H con la pared del canalizo, ó que tenga su centro sobre la direccion de KH. Esta construccion no está fundada en principios rigorosos; nosotros la proponemos, á falta de otra mejor, y como siendo bastante conforme con lo que se conoce, tocante á la magnitud de la construccion y á la forma de la vena fluida al salir de los orificios rectangulares verticales.

315 Cuando la pared del canalizo deba estar muy próxima de la cara correspondiente del depósito, se hará coincidir su redondeamien-

to con esta cara, por una curva muy suave, y tal como la *FL* que está indicada (fig. 74 lám. 5.ª) para el lado de la derecha del boquete. Pero será, en todos los casos, mas ventajoso colocar la pared del canalizo en la prolongacion misma de la cara del depósito, cuando nada lo impida; porque entónces estará uno cierto de evitar enteramente la contraccion de los filetes fluidos sobre esta cara, principalmente si es de todo punto recta y contínua, sin que ningun obstáculo se oponga al paso del agua.

316 »En cuanto á la posicion que se debe dar á la cara vertical ó interior *CEFD* del depósito, con relacion á la ranura de la compuerta, se debe procurar, con arreglo á las localidades, que resulte la menor pérdida posible de velocidad, procedente de la resistencia de las paredes de la porcion del canal *AEFB*; mas, como esta pérdida será en general poco sensible para las pequeñas velocidades y las fuertes secciones de agua, que se verifican hácia lo interior del depósito, y que los inconvenientes, que resultan de la contraccion, disminuirán por otra parte á medida que uno se aleje de los redondeamientos *FG*, y *EH* del boquete, se podrá, para la facilidad misma de las construcciones, trasladar la cara vertical *CEFD* un poco mas allá de la arista superior fija de este boquete; y prolongarla hasta lo alto del depósito, suprimiendo las partes correspondientes de la cara inclinada de la compuerta; la parte inferior restante de esta cara formará así, con las paredes *EA*, *FB*, una suerte de conducto piramidal, que sobresaldrá sobre la cara vertical *CD* del depósito. Tambien aparece ventajoso igualar por un redondeamiento, la cara inclinada del conducto con la parte superior correspondiente de la cara vertical del depósito.

317 »Volvamos al perfil de la rueda, del canalizo y de la presa; su trazado determina la situacion del resalto *F* (fig. 71 lám. 1) con relacion al pie del boquete; pero la posicion absoluta de estas partes respecto al nivel del agua, ántes y despues, no lo es aun, y no lo será sinó cuando se hayan arreglado las dimensiones del canal de descarga segun el volúmen de las aguas que deba dejar pasar durante el trabajo del ingenio y en la época del año que se toma por base de su establecimiento; porque se conocerá entónces la inclinacion y altura que tomarán estas aguas en el canal; de donde se deducirá la elevacion que será necesario dar al resalto de la rueda para evitar que se anegue en la época de que se trata. Fija esta elevacion del modo mas ventajoso posible para cada caso, no faltará mas que determinar el ancho y las coronas de la rueda, así como el trazado de las pa-

letas, segun la altura de caida, y las dimensiones mas convenientes del boquete ó de la vena de agua motriz.

318 »La relacion de estas dimensiones depende del gasto de fluido y de su velocidad ó caida: de tal suerte, que, para los pequeños gastos y fuertes caidas, el ancho del orificio debe ser á lo mas el doble de la abertura, y para los fuertes gastos y pequeñas caidas, este ancho debe ser 3 á 4 veces la abertura: se podrán pues calcular fácilmente estas dimensiones, en cada caso, observando que entendemos por grandes caidas las que se aproximan á unos 7 pies españoles, y por fuertes gastos los que esceden á 36 ó 46 pies cúbicos españoles por segundo; las caidas inferiores á $3\frac{1}{2}$ pies, y los gastos inferiores á 14 pies cúbicos por segundo se consideran como débiles caidas y pequeños gastos.......

»Es tambien evidente el que la altura fija ó *máxima* del boquete deberá ser un poco mas considerable, á fin de que pueda abrirse la compuerta hasta este punto, por ejemplo, en el tiempo de las bajas aguas, ó para decidir á que principie el movimiento de la máquina.

319 Arreglado ya el ancho del orificio, se añadirán 10 ó 15 líneas de cada lado, para obtener el de las paletas de la rueda ó el desvío de las coronas. En fin, el espesor de la vena de agua introducida en el canalizo siendo cerca de los $\frac{3}{4}$ de la abertura de compuerta segun las disposiciones admitidas en los casos mas ordinarios, se hallará uno en estado de fijar la magnitud del ángulo que deben formar las curvas con la circunferencia esterior de la rueda, segun el procedimiento descrito (304); pero se notará que, si se ha operado en la hipótesis de las bajas aguas, donde la abertura de compuerta es necesariamente un *máximo*, no será necesario aumentar el ángulo hallado. En cuanto á la altura de las curvas ó al ancho de las coronas de la rueda, se arreglará al ménos sobre la caida existente en el resalto del canalizo, en la época de las aguas medias, á fin de evitar que el efecto no disminuya demasiado en esta época.

»*Cálculo de la velocidad y fuerza de la rueda.*

320 »Con los datos que preceden, se podrán fijar, y de un modo exacto en la práctica, todas las dimensiones de la rueda, y calcular la velocidad que le sea mas ventajosa, igualmente que la fuerza que trasmitirá á la máquina en el momento del *máximo* efecto, y el esfuerzo de que será capaz tangencialmente á su circunferencia.

»Con relacion á la velocidad mas ventajosa de la rueda, se po-

drá admitir, conforme á los resultados de los esperimentos, que se halla comprendida entre los 0,5, y 0,6 de la *velocidad debida teóricamente á la altura del nivel del agua sobre el centro del orificio*; el último número se refiere á las pequeñas caidas y grandes aberturas de compuerta, y el otro á las grandes caidas y pequeñas aberturas; de tal suerte, que, para las caidas medias de unos 4½ pies sobre el asiento del boquete, con aberturas medias de unas 8 pulgadas, la relacion de las velocidades será sobre poco mas ó ménos 0,55. En cuanto á la cantidad de accion trasmitida íntegramente á la rueda, cuando posée la velocidad precitada, se puede tambien admitir que será por término medio los 0,6 de la correspondiente á su caida total; pero será un poco menor para las grandes caidas y pequeñas aberturas de compuerta, y un poco mas fuerte para las pequeñas caidas y las grandes aberturas........

»En cuanto al esfuerzo tangencial, ejercido entónces por el agua segun la circunferencia esterior, se le obtendría dividiendo la cantidad de accion disponible en un segundo por la velocidad de la circunferencia esterior. Por medio de estos resultados, será fácil arreglar el establecimiento del resto de la máquina........

321 »Acabamos de indicar, cómo se podía arreglar de antemano la velocidad de la rueda hidráulica, en virtud de la altura de caida sobre el centro del boquete, y de modo que esta velocidad sea la mas ventajosa posible; pero cuando la rueda está ya construida, se puede conseguir esto sin cálculo, por medio de un esperimento directo, que consiste en hacerla girar vacía, es decir, despues de haberla aislado completamente de todo el resto del mecanismo: si se observa entónces el número de vueltas que hace en 5 ó 6 minutos, para concluir de ello con exactitud el de vueltas por minuto, se tomarán los 0,6 de este último para la velocidad que conviene dejar adquirir á la rueda durante el movimiento de la máquina. Debemos por otra parte recomendar á los que se valgan de este método práctico para determinar la velocidad de la rueda, que hagan el esperimento bajo una carga de agua, ó una abertura de compuerta, que se aleje poco de la que tendrá lugar en el momento del trabajo.

322 »Como sucederá algunas veces que se hallará uno obligado, por consideraciones particulares, á dejar tomar á la rueda una velocidad mayor ó menor que la mas ventajosa posible, no será inútil indicar cómo se deberá proceder al cálculo de la fuerza trasmitida entónces á la máquina y del esfuerzo ejercido por el agua sobre la rueda.

»Habiendo pues estimado la cantidad de accion de la rueda, en el caso del máximo efecto, será necesario igualmente calcular la velocidad de llegada del agua sobre la rueda, sea deduciéndola segun los casos, de la que responde á la altura del nivel del depósito sobre el centro del orificio de desagüe, sea haciendo marchar la rueda de vacío, y teniendo presente que la velocidad máxima que ella toma entónces es como $\frac{1}{2}$ de la del agua. Esto supuesto, resulta de la teoría y de los esperimentos, que *la cantidad de accion trasmitida á la rueda, cuando toma una velocidad cualquiera es cerca de 4 veces la que responde al máximo efecto, multiplicada por la velocidad de la rueda, por la diferencia de esta velocidad, y de la del agua, dividida en fin por el cuadrado de la velocidad del agua.*

323 »Esto nos parece suficiente para guiar en las aplicaciones que se quieran hacer del nuevo sistema de rueda á los diversos casos que se presentan en la práctica; pero es esencial observar que fundando los principales cálculos sobre lo que se verifica para las mas bajas aguas con que la máquina puede obrar de una manera regular y sostenida, se le hará producir á la verdad lo mas posible en la época en que la diminucion de la caida y del producto del curso de agua hacen la fuerza preciosa y su economía indispensable; mas, en virtud de esto, tambien se habrá sacrificado alguna cosa de esta fuerza para las *aguas altas y medias*, en atencion á que la disposicion de la rueda y de todo lo que depende de ella, se alejará entónces un poco de la que sería mas oportuna. No pensamos, sin embargo, que resulten de ello inconvenientes graves para el trabajo de la máquina, si las variaciones del nivel del agua, tanto arriba como abajo, permanecen comprendidas entre límites razonables y tales por ejemplo, que, en las crecidas ordinarias la rueda no sea jamas anegada, hasta el punto de que el agua de abajo refluya por encima de las coronas, ó supere al resalto en el tercio cerca de la caida media disponible.

»Con relacion al efecto de la influencia recíproca de los filetes fluidos y de las moléculas que componen un mismo filete, es evidente que consiste en aumentar la altura de ascension de las primeras moléculas entradas, á espensas de la de las moléculas que llegan despues; de donde resulta un fenómeno análogo al que se verifica en el *ariete hidráulico* (de que hablarémos en el libro 6.º); es decir, que una porcion mas ó ménos grande de la masa total de fluido contenida en cada cajon, se halla proyectada á una altura mas conside-

rable que aquella á la cual llegaría naturalmente si formase un solo todo animado de la misma velocidad inicial."

324 La nota tercera que pone *Mr. Poncelet*, pág. 120 de su Memoria, trata de las *dimensiones que se deben dar á las coronas de la rueda de paletas cilíndricas, para hacerla susceptible de recibir libremente toda la masa de agua afluente*, y dice así:

«Se concebirá sin dificultad que hay aberturas de boquete, y velocidad del agua, que no permitirían á una rueda de paletas cilíndricas, que posée una velocidad y dimensiones determinadas, admitir continuamente, en su interior, toda la masa de agua que llega por el boquete, sin que una porcion mas ó ménos grande de esta masa no se derramase sobre las coronas ó refluya en el canalizo hácia el depósito; pero estas circunstancias no podrán dejar de disminuir, de una manera mas ó ménos sensible, el efecto trasmitido por la rueda.

» Sea pues Q el volúmen de agua que se gasta en un segundo por el orificio; sea e el espesor y l el ancho de la vena líquida que llega á la rueda, ancho que es tambien sobre poco mas ó ménos el de las paletas de esta rueda; sea en fin V la velocidad media de esta vena de agua; v la velocidad de la circunferencia esterior de las coronas, r y r' los radios respectivos de esta circunferencia y de la circunferencia interior: de modo que $r-r'$ será el ancho de estas coronas, ó lo que hemos llamado la altura de las curvas, la que no debe ser inferior en ningun caso al cuarto ó al tercio de la altura total de caida. La capacidad total del espacio comprendido entre las coronas, será igual á la diferencia del volúmen de un cilíndro, cuyo radio mayor sea el de la circunferencia esterior y la altura el ancho l de las paletas, y el volúmen de otro cilíndro que tenga la misma altura y por radio el r' de la circunferencia interior de la rueda.

» Pero el volúmen del primer cilíndro, es (§ 602 *cor.* I. T. E.) $3{,}1459$ &c. $r^2\ l$, y el del segundo $3{,}1459$ &c. $r'^2\ l$; luego su diferencia será $3{,}1459$ &c. $(r^2-r'^2)\ l$ (51); y como cada punto del círculo esterior de la rueda desarrolla, en la unidad de tiempo, un espacio circular v, la capacidad del vacío que recibirá, sobre la rueda, el volúmen de agua $Q=e.l.V$, se hallará por esta proporcion, la *circunferencia de la rueda esterior* $=3{,}1459.2$ r es á v, *velocidad ó parte de la circunferencia que se mueve, ó pasa delante de la vena de agua en un segundo, como el volúmen total de la corona cilíndrica es al cuarto término*, que resulta

ser $3,14159\,(r^2-r'^2).\,l.\dfrac{v}{3,14159.2r}=\dfrac{r^2-r'^2}{2r}.\,l.\,v$; pero esta capacidad debe, en todos los casos, esceder á Q, en atencion á que el espesor de las paletas ocupa una cierta porcion de ella, y que el agua no llenará enteramente la parte superior de los cajones, cual es la que está mas próxima del eje. Suponiendo, pues, que el espacio perdido sea solo, en los casos ordinarios, el $\frac{1}{7}$ del vacío total, se deberá tener al ménos $\frac{3}{7}\,(r^2-r'^2)\dfrac{vl}{r}=Q=e.l.V$ (52); relacion que serviría para determinar las dimensiones absolutas de la rueda juntamente con los otros datos del problema.

325 »En virtud de lo espuesto (318), la relacion de l y e y por consiguiente la magnitud de e son determinadas sobre poco mas ó ménos en cada caso, cuando lo son la altura de caida y el gasto Q del fluido; debiendo ser, como allí hemos deducido, la relacion de l á e, una relacion que se halle entre la de 2 á 1 y de 4 á 1. La primera se refiere mas particularmente á las grandes caidas y pequeños gastos, y la segunda á las pequeñas caidas y grandes gastos; y como $V-v$ lo será tambien, no falta mas que hacer variar r y r'; conviene tambien arreglar las dimensiones de las coronas de la rueda sobre lo que sucede para el caso del *máximo* efecto; y en virtud del resultado de nuestros esperimentos en grande, la velocidad v de la circunferencia esterior de la rueda, parecería entónces diferir poco de los 0,55 de la V que posée el fluido; podrémos pues admitir que $v=0,56\,V$; llamando ademas a el ancho $r-r'$ de las coronas, y descomponiendo el $r^2-r'^2$ en sus dos factores $(r+r')\,(r-r')$, la relacion de arriba será

$\frac{3}{7}\,(r+r')\,(r-r').\,0,56\,V.\dfrac{l}{r}=e.l.V$; suprimiendo la l y la V, que son comunes en ambos miembros, y dividiendo el 0,56 por 7, nos resulta $3(r+r').\dfrac{a.0,08}{r}=e$; ó por ser $r'=r-a$, será

$3a.\,0,08.\dfrac{2r-a}{r}=e$, ó $a\left(2-\dfrac{a}{r}\right)=\dfrac{e}{0,24}=\dfrac{100e}{24}=\dfrac{25}{6}\,e$ (53); es decir, que, *si se multiplica el ancho de las coronas por el número* 2

disminuido por el cociente de dividir este ancho por el radio de la rueda, el resultado debe ser por lo ménos cuatro veces el espesor de la capa ó vena de agua que llega á la rueda.

»Se ve, en virtud de esto, que ántes de establecer definitivamente la altura *a* de las curvas ó el ancho de las coronas, será conveniente asegurarse de que esta altura y el radio *r* de la rueda satisfacen á las condiciones que acabamos de prescribir con relacion al espesor *e* de la vena de agua motriz, medida cerca de la rueda; se notará que, en virtud de nuestros esperimentos en grande, el espesor en cuestion es cerca de los $\frac{3}{4}$ de la abertura de compuerta, cuando se trata de aberturas y de cargas de agua medias. Cuando la abertura de compuerta es muy pequeña, y la carga muy grande, el espesor de la vena de agua es un poco mas fuerte, y es al contrario un poco menor que los $\frac{3}{4}$ de la abertura, cuando esta última es muy grande, y la carga de agua muy pequeña."

326 En la nota V examina *Mr. Poncelet* los efectos de *las ruedas de paletas cilíndricas que están anegadas por detras*; y despues de una série de reflexiones y cálculos de la mayor importancia, deduce que *la teoría, y efecto de estas nuevas ruedas son los mismos para cuando se hallan movidas en un fluido indefinido.* Por lo que termina esta discusion, diciendo pág. 127 de su Memoria: «Mientras no se tengan nuevos resultados esperimentales se podrán usar las consecuencias de esta teoría cuando la rueda se sumerge en un fluido indefinido, con tal que se tenga cuidado de tomar para *V*, la velocidad con que llega el fluido á la rueda, para *H* la carga generatriz de esta velocidad; en fin, para *Mg* el peso de agua que corre, en la unidad de tiempo, por la superficie de la seccion de la corriente que intercepta la rueda, ó sea que tiene por ancho el de la rueda, y por altura, la de que esta misma rueda está sumergida debajo del nivel del agua. Esto es por otra parte admitir, como se ve, que el nuevo sistema ofrecerá, en el caso en que se aplicase á una corriente indefinida, las mismas ventajas relativas que para las caidas de agua ordinarias."

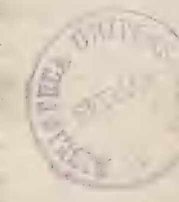
327 En la nota VI examina *Mr. Poncelet* las causas que originan el que la velocidad correspondiente al *máximo* efecto de la rueda, esceda á la mitad de la del agua en el canalizo, y dice así:

«A pesar de todo lo espuesto, de que resulta que la velocidad de la rueda relativa al mismo efecto, es exactamente la mitad de la que posée el agua al entrar en ella, no se puede ménos de admitir que es un poco superior á esta mitad; porque hemos

supuesto en la teoría: 1.° que la pérdida de fuerza viva que resulta del choque del agua contra las curvas de la rueda, sea enteramente nula; 2.° que la altura de ascension á lo largo de estas curvas sea exactamente debida á la velocidad relativa del agua y de la circunferencia de la rueda, de modo que el fluido, dejando las curvas, adquiere la misma velocidad relativa que al entrar; 3.° que la direccion de esta velocidad relativa sea precisamente la de la rueda, lo que viene á ser admitir que las paletas coinciden tangencialmente con su circunferencia esterior; pero hemos tenido ya muchas ocasiones de notar que ninguna de estas condiciones se verifica exactamente.

»Para poder calcular, de un modo enteramente exacto, las circunstancias relativas al *máximo* efecto de la rueda de paletas cilíndricas, sería necesario hallarnos en estado de determinar en funcion de la velocidad variable, que toma bajo diferentes cargas, la pérdida de fuerza viva del fluido á su entrada en las curvas, y la fuerza viva que conserva dejándolas; porque, en virtud de los principios conocidos, es la suma de estas fuerzas vivas la que debe ser un *mínimo* en cada caso."

De las ruedas verticales que nosotros espresamos con la denominacion de sobre-lado.



328 El cálculo de estas ruedas es el mismo que para las ruedas de *por encima* y de *lado*. Por lo que podríamos aplicarles desde luego las fórmulas (ecs. 28 á 44). Mas como, por una parte, teníamos escogitadas dichas ruedas desde el año de 1819, y por otra, son en mi concepto las mas adecuadas para cuando hay una caida de agua con salto, sea grande ó pequeño, juzgamos á propósito detenernos mas, presentando su teoría directa é independientemente de las demas; y presentando al mismo tiempo la serie de investigaciones, que me han conducido á fijarme en esta construccion como la mas adecuada para el caso presente.

329 *Mr. Gregory*, en la pág. 463 del primer tomo de su obra intitulada; *A Treatise of Mecanics, teorical, practical, and descriptive*, impresa en 1815, pone la siguiente proposicion:

"*Calcular, en una rueda propuesta de por encima* (overshot wheel), el *peso efectivo del agua en los cajones ó cangilones.*

»Una rueda de por encima, vacía, se considera como perfectamente en equilibrio sobre su eje; pero cuando está cargada, el equilibrio se destruye, á causa de que el peso del agua se halla sobre una mitad de la circunferencia y origina el que ella prepondere.

»Sea *ANBC* (fig. 75 lám. 5) una rueda de por encima, cuyos ca-

jones ó cangilones a, b, c, B, d, e, estén llenos de agua; y supongamos una igual cantidad de fluido w * en cada cajon. El centro de gravedad del cajon a, estando directamente sobre el eje C de la rueda, no propenderá á darle un movimiento de rotacion, sinó solo á comprimir mas firmemente sus gorrones, del mismo modo que lo haría un peso a', igual al del agua en el cajon a, que colgase directamente por debajo del eje. Pero el segundo cajon, cuyo centro de gravedad es b, obra sobre la rueda del misma modo que lo haría un peso igual b', que colgase libremente en el punto f; por consiguiente, su esfuerzo será proporcional al producto $w.Cf=w\text{sen}.aCb$, y lo mismo sucederá respecto al peso en el cajon e. El agua en los cajones c y d obra del mismo modo, que si los pesos iguales c' y d', colgasen libremente en el punto g; su esfuerzo unido será proporcional á $2w.cI=w.2\text{sen}.aCc$. Y el agua en el cajon B, obrando en el estremo del radio, tendrá su esfuerzo proporcional á $w.\text{sen}.90=w.R$, espresando por R el radio de la rueda. De aquí resulta: 1.° que si fuesen 12 los cajones de la rueda, como representa la figura, cada uno de los arcos ab, bc, cB, &c. será de 30°, y tendrémos

$$(0+2\text{sen}.30^\circ+2\text{sen}.60^\circ+1).w=(0+1+\sqrt{3}+1).w=3,7320508w$$

para el peso efectivo del agua que coopera al movimiento de la rueda, miéntras que su peso absoluto, real ó total es $6.w$; de modo, que *el peso absoluto, real ó total del agua, es á su peso efectivo para hacer girar la rueda como* 6 *á* 3,7320508; *ó como* 1 : 0,622008.

2.° »Si el número de cajones fuese 24 y todos se supusiesen igualmente llenos, entónces, siguiendo un método semejante, se hallaría $(2.\text{sen}.15^\circ+2.\text{sen}.30^\circ+2.\text{sen}.45^\circ+2\text{sen}.60^\circ+2\text{sen}.75^\circ+2\text{sen}.90^\circ).w$ $=7,585754w$ para el peso efectivo del agua que propende á causar el movimiento de la rueda, siendo su peso real ó absoluto $12w$: de donde resulta que el último será al primero como 12 á 7,585754 ó como 1 á 0,632214.

3.° »Si suponemos que el número de cajones aumenta sucesivamente, de modo que el peso pueda considerarse como igualmente difundido sobre la semicircunferencia aBN de la rueda, entónces la suma de todos los esfuerzos para hacer girar la rueda, será igual á la suma de todas las distancias, como cI por todos los correspondientes pesos en c; esto es, por la naturaleza del centro de gravedad (§§ 173

* Los Ingleses designan con w el peso, como inicial de su palabra *weight* que espresa dicha idéa.

y 174 Mec.); como la semicircunferencia *aBN.Ck*, siendo *k* el centro de gravedad del arco semicircular. Ahora, por el artículo 118 (en este artículo se dice "Cuando el arco es un semicírculo la cuerda es doble del radio, y $Ck=\frac{2r}{3{,}14159}=\frac{r}{1{,}57079}=0{,}63662\ r$, porque (§ 178 Mec.) *la distancia del centro de gravedad de un arco circular á su centro, es una cuarta proporcional al arco, al radio y á la cuerda del arco*) $Ck=0{,}63662.CB$; por consiguiente, el *peso actual será á su peso efectivo* para que gire la rueda, *como el arco aBN* á 0,63662.arc.*aBN*; *ó como* 1 : 0,63662. Siendo esta relacion á la que las otras se aproximan."

330 En esta disposicion de la rueda se ve ante todas cosas, que el agua del cajon *a*, en vez de servir para el objeto, no hace mas que causar presion sobre los gorrones, como el mismo *Gregory* confiesa; luego toda disposicion en que no se pierda esta porcion de fuerza motriz, es mas ventajosa; por lo cual, yo me fijé desde luego en 1819 en el modo de suministrar el agua á la rueda, como se ve en la fig. 76 lám. 5. Ademas, *Mr. Gregory* no espresa en su figura, que es la 1.ª de la pl. XVIII correspondiente al primer volúmen de su Mecánica, el modo de suministrar el agua á la rueda; de modo que la parte *PQ* de nuestra fig. 75 la hemos añadido nosotros para presentar todo el conjunto; lo demas de dicha figura está copiado literalmente de *Mr. Gregory*. En la disposicion que presenta este modo de suministrar el agua, resulta que, al caer sobre la parte *st* del cajon, su efecto es el de hacer girar la rueda mas bien hácia la izquierda que hácia la derecha; resultando ademas, que siendo mayor la distancia que hay desde el punto *M* al fondo del cajon *b*, tarda mas tiempo en causar su presion y hay mayor choque y por consiguiente mayor pérdida de fuerza.

331 Todos estos inconvenientes se evitan en la disposicion que presenta la mencionada (fig. 76). Para demostrar las ventajas que esta proporciona, supongamos que conste de 14 cajones: estando aplicada el agua de modo que el centro de gravedad *a* del primer cajon lleno diste 30° del vértice *M*, y que los cajones *a*, *b*, *B*, *c*, *d*, *e* de la fig. 76 sean iguales en capacidad á los de la (fig. 75), á lo que se presta el que el diámetro de la rueda (fig. 76) puede ser un poco mayor, que el de la otra, sin que por esto varíe la altura de caida; en este caso resultará que cada uno de los 6 cajones de la figura 76 contendrá la misma cantidad de agua que los de la 75. De

manera que todo resulta igual en ambas figuras, á saber: seis cajones en cada rueda conteniendo cada uno la misma cantidad de agua; y la misma altura de caida; y no hay mas diferencia que el ser el diámetro de la rueda fig. 76 algo mayor *como un quinto*, que el de la 75 y obrar el agua de los cajones en esta, á mayor distancia del eje. Veamos pues lo que resulta de esta disposicion.

La cantidad de agua que contiene el cajon a, que espresarémos tambien por w para que se pueda cotejar nuestro resultado con el de *Mr. Gregory*, mas fácil y cómodamente, ejercerá un esfuerzo para hacer girar la rueda, proporcional (segun el lenguage de *Mr. Gregory*) al producto del peso w por la distancia la, que es el seno del ángulo MCa; y siendo este ángulo de 30° por nuestra construccion, su seno es (§ 632 cor. 2.° I T. E.) igual con la mitad del radio; luego si el radio lo espresamos por la unidad, tendrémos que al será igual con $\frac{1}{2}$ ó con 0,5.

Como la rueda tiene ahora 14 cajones, la distancia entre los centros de gravedad de estos, espresada en grados, será

$\frac{360}{14}=\frac{180}{7}=25° \, 42' \, 51'', 4$. Por consiguiente, el arco Mab, que se compone de $Ma+ab$, será igual con
$30°+25° \, 42' \, 51'', 4=55° \, 42' \, 51'', 4$; y el esfuerzo, que ejercerá el agua contenida en el cajon b, será proporcional á
$w.bm=w.\text{sen}.55°, 42' \, 51'', 4$.

Y como el seno de este ángulo se halla por las tablas trigonométricas, en virtud de las cuestiones resueltas (§§ 647 y 307 I T. E.) ser 0,82624, resulta que el esfuerzo del agua en el cajon b, será proporcional á $0,82624w$.

El esfuerzo, que ejerce la cantidad de agua que existe en el cajon B, será proporcional á $w.BI=w.\text{sen}.MCB=w.\text{sen}.81° \, 25' \, 42'', 8$; y como el seno natural de este ángulo, se halla ser 0,98883, por las espresadas tablas y citadas reglas, se tendrá que será proporcional á $0,98883.w$.

El esfuerzo que ejerce la cantidad de agua que está en el cajon c, será proporcional á $w,cn=w.\text{sen}.MCc=w.\text{sen}.107° \, 8'$ y $34'', 2=$ $=$(§ 637 I T. E.) $w.\text{sen}.72° \, 51' \, 25'', 8$; que buscando el seno natural ó en partes del radio correspondiente á este ángulo, se halla ser proporcional á $w.0,95557$.

El esfuerzo, que ejerce la cantidad de agua que está en el cajon d,

será proporcional á $w.pd = w.\text{sen}.MCd =$ (§ 637 I T, E.) $w.\text{sen}.dCp. = = w.\text{sen}.\ 47^\circ\ 8'\ 34',\ 4 = 0{,}73305w.$

El esfuerzo ejercido por la cantidad de agua contenida en el cajon *e* será proporcional á

$w.eq = w.\text{sen}.MCe = w.\text{sen}.eCq = w.\text{sen}.\ 21^\circ\ 25'\ 43'' = 0{,}36533w.$

Sumando estos seis valores, tendrémos que el esfuerzo ejercido por el agua contenida en los seis cajones será $4{,}36902w$; y como el peso ó esfuerzo real, total ó absoluto es $6\ w$; se tiene para la relacion 0,72817, que escede á la encontrada (329) por *Mr. Gregory*, en mas de la sesta parte.

332 Queda, pues, demostrado del modo mas convincente que mi nueva disposicion de hacer suministrar el agua á la rueda que yo designo bajo la denominacion de *sobre-lado*, es mucho mas ventajosa. En estos cálculos no se ha tenido en consideracion, que en el último de los cajones ya no existe toda el agua, por derramarse una cierta parte al acercarse á la parte inferior; pero como, tanto en el cálculo de *Mr. Gregory* como en el mio, hemos prescindido de semejante pérdida, resulta que para el objeto que nos proponíamos, que era el comparar la potencia de estas mismas ruedas, esto nada influye, pues la mencionada pérdida es la misma sobre poco mas ó ménos en ambos casos; luego, aun teniendo en consideracion esta pérdida, resulta que *nuestra rueda de sobre-lado será como un sesto* mas ventajosa que las ruedas de por encima ordinarias. Pero no se han limitado á esto mis investigaciones, sinó que hay todavía dos cosas que considerar que aumentarán los esfuerzos que dichas ruedas pueden ejercer, y son: 1.ª el hacer los cajones curvos; y el disminuir su grueso aumentando mas el número de cajones y el ancho de la rueda. Haciéndolos en línea curva, seguida, cualquiera que sea su forma, con tal que en el parage donde está unida á la circunferencia de la rueda, no se aparte sensiblemente de ser perpendicular á esta, para que el agua se desprenda de ella con mas facilidad al acercarse á la parte inferior de la rueda, se evitarían los choques bruscos que disminuyen siempre la fuerza motriz. Por la parte superior, los cajones deben estar bien fruncidos en su boca, lo que se consigue haciendo que vengan á ser tangentes á la circunferencia esterior de la rueda, para que retengan el agua lo mas posible, cuando se hallen en la parte inferior. Debe ser bien estrecha la parte xt (fig. 76), esto es, la distancia entre la circunferencia interior y esterior, á fin de que el agua obre á mayor distancia del eje de rotacion, supliendo esta diminucion en el ancho del cajon aumentando la longitud de estos, ó

el ancho de la rueda. En la (fig. 76) el ancho del cajon podría reducirse á su tercera parte, y haciendo el largo del cajon ó el ancho de la rueda tres veces mayor, conservaban los cajones una igual capacidad, y se conseguía que obrase el agua siempre á mayor distancia del eje de rotacion.

333 La profundidad de los cajones y su número es tambien una cosa que ha llamado mucho mi atencion; pero como en estas materias no es prudente aventurarse uno á dar reglas definitivas sin haberlas comprobado con los resultados de la esperiencia, es necesario esperar á que la práctica dé á conocer el medio que mas ventajas produce. Sin embargo, en virtud de mis no interrumpidas investigaciones, y de lo que tengo observado en ruedas hidráulicas de *por encima* en actividad, ya de paletas ó cajones rectos, como en *Ile* junto á Avignon, ya en las de paletas ó cajones curvos como en las de Annonay dirigidas por los señores Seguin, célebres Ingenieros *, me parece que no distará mucho de la construccion mas ventajosa de los cajones aquella en que estos tengan unas 8 pulgadas españolas de profundidad, cualquiera que sea el tamaño de la rueda, y que el largo del cajon sea el necesario para contener el agua conveniente. Y esta profundidad del cajon en que yo me he fijado por observaciones hechas sobre las mismas ruedas en ejercicio es la que da tambien la teoría como ya hemos visto (267).

---

* Las idéas de estos Sabios difieren poco de las mias; y tanto para que sirva de comprobacion, como para que se aprovechen todo lo posible sus luces, voy á insertar aquí lo que yo literalmente apunté, cuando tuve la satisfaccion de conferenciar con tan recomendables sugetos en Annonay el año de 1829.

Dichos Señores opinan que en la construccion de los cajones se necesitan conciliar tres circunstancias: 1.ª que la parte inferior de la rueda sea tangente á la línea horizontal, para que el agua esté el mayor tiempo posible dentro de la rueda. 2.ª Que la curva sea normal al fondo de la rueda; á fin de que el agua, por su movimiento, se desprenda lo mas pronto posible. 3.ª Que la cantidad que separa el estremo de cada paleta, de la parte convexa de la otra inmediata, sea tal que toda la masa de agua encerrada dentro del cajon pueda verterse durante el movimiento de la rueda, para que acabe de salir en el estremo vertical.

La curva que cumple con estas condiciones es la *cicloide*; pero debe investigarse por la combinacion con la línea recta, si debe ser la cicloide prolongada, ó la acortada. Si la rueda tiene mucha velocidad, la cicloide debe ser acortada para facilitar la evacuacion del agua. En el caso contrario, debe ser tanto mas prolongada cuanto el movimiento es mas lento. La abertura de los cajones debe ser calculada de manera que pueda evacuarse toda el agua contenida en el cajon durante el tiempo que pasa desde que el agua principia á salir, hasta el instante en que llega á la parte inferior de la rueda.

La distancia horizontal del estremo del primer cajon, que reciba el agua, al cajon anterior, deberá ser como de unas cuatro pulgadas. La vena de agua debería tener solo dos pulgadas de grueso, á fin de que descontando el grueso de la chapa ó plancha que ha de formar el cajon, resulte mas de una pulgada para poder salir el aire; y ademas dicha vena deberá tener en cada estremo dos pulgadas ménos de ancho que el cajon, para el mismo efecto de facilitar la salida del aire. Cuando en virtud de esta construccion, resulte la rueda muy ancha, ó los cajones muy largos, convendrá, para dar la correspondiente solidez á las láminas curvas de que se componga el cajon, poner una especie de arco circular en el medio, para que las planchas de los cajones no se tuerzan; pero á fin de evitar que el agua al caer sobre ellos salte, convendrá entónces que la vena de agua en el medio se halle interrumpida, es decir, que haya dos venas de agua, haciendo que en su medio, y en la parte que corresponde sobre el arco ó abrazadera que da solidez á las planchas de los cajones un espacio de unas 2 pulgadas. Lo cual por otra parte facilitará mas la salida del aire. En las que yo he visto construidas en Annonay, por no haber tenido esta precaucion, había un cierto desperdicio de fuerza motriz, que siempre conviene evitar.

334 Como el objeto que yo me he propuesto es suministrar cuantos datos sean conducentes para que de este modo se faciliten las aplicaciones del agua, como potencia motriz, voy á poner aquí ántes de aplicar el cálculo á mis ruedas de *sobre-lado* algunas proposiciones relativas á esta materia, que he hallado en libros ingleses, y que no son bastante conocidas. *Mr. Gregory* en la pág. 464 del espresado primer tomo de su citada obra, demuestra la siguiente proposicion *en una rueda de por encima* (*overshot-wheel*) *la máquina tendrá la mayor velocidad de rotacion cuando el diámetro de la rueda sea los dos tercios de la altura del agua sobre el punto mas bajo de la rueda.* Despues deduce el siguiente corolario. "La velocidad de una rueda de por encima (*overshot-wheel*) cuando el agua obra por su peso solamente, y la máquina se halla en el estado de su mayor rotacion, es á la velocidad de una rueda de por debajo (*undershot-wheel*) como $\sqrt{3}$ á 1 en el supuesto de que toda el agua se escapa de la rueda de por debajo en el instante despues al que comunica su impulso."

335 Despues demuestra esta proposicion. "*La eficacia de una rueda de por encima es á la de una rueda de por debajo, da-*

das la altura del agua, la abertura y diámetro próximamente, como 13 *á* 5.

De la cual deduce el siguiente corolario: *en la teoría no hay límite al peso que una corriente puede levantar por medio de una rueda de agua (water-wheel)*. Porque, ó el radio de la rueda se puede aumentar, ó disminuir el del eje, sin límite. Pero esto dista mucho de tener lugar en la práctica, y concluye el capítulo de esta manera:

"Generalmente, para hacer una máquina hidráulica lo mas perfecta posible, ó capaz de producir el mayor efecto de que sea susceptible, se requiere. 1.º Construirla de modo que el fluido pierda enteramente el movimiento por su accion en la máquina, ó al ménos que solo retenga precisamente la cantidad necesaria para escaparse despues de su accion. 2.º Que pierda todo su movimiento por grados imperceptibles, y sin tener ninguna percusion violenta, ya por la parte del fluido, ó ya por causa de los materiales sólidos de la máquina. Si estas circunstancias se consiguen, la forma de la máquina viene á ser indiferente; sin embargo, la consecucion de ambas condiciones, es en muchos casos, absolutamente imposible; y de aquí proviene la necesidad de una eleccion juiciosa en el género de máquina que se debe adoptar."

336 El apéndice que *Mr. David Brewster* pone á la pág. 139 del segundo tomo de la obra intitulada *Ferguson's Lectures*, sobre la construccion de las ruedas de agua de por debajo, para originar el movimiento de rotacion en las máquinas, principia del modo siguiente:

"Aunque ningun pais ha sido mas distinguido que este, por sus descubrimientos en las ciencias Matemáticas, sin embargo, en ninguna parte han contribuido estos adelantamientos ménos efectivamente al provecho de las Artes mecánicas. Los descubrimientos de nuestros Filósofos, particularmente en la construccion de la maquinaria, han sido consignados en el retiro de las fórmulas Algebráicas, y se hubiera imaginado que ellos creían inferior á su dignidad el poner sus especulaciones al nivel de la capacidad de los Artistas comunes. En este supuesto, los Molineros de este pais aun están guiados por sus propios principios ó prácticas rutinarias."

337 En la pág. 147 de dicho apéndice se ocupa del tamaño de las ruedas de agua y *del número, magnitud y posicion de sus paletas*; sobre cuyo punto dice: que *el diámetro de la rueda debe ser tan grande como sea posible, á ménos que alguna particular circuns-*

tancia en la construccion lo impida; pero no debe ser menos que siete veces la natural profundidad de la corriente en lo inferior de su curso.

338 En la obra intitulada *A Treatise on Mills in fours parts By John Banks*, impresa en Londres año de 1815, se dice página VI del prólogo: "y aunque yo he tenido mucha práctica en hacer esperimentos, no me he fiado enteramente en mis propias observaciones; por lo cual, siempre he sido acompañado por uno ó mas caballeros;..... pág. VII en lo cual yo he procurado investigar la verdad sin ninguna mira de sostener algun sistema particular, ni sentimiento ú opinion. Y si algunos de los esperimentos recomiendan cualquier construccion ó aplicacion diferente de la práctica de algunos hombres de la profesion, se debe investigar si el fundamento de su práctica se halla sostenido por esperimentos, ó si estriba solo en el dictámen de sus predecesores. El contentarse con la opinion de otros, por grande que sea su reputacion, contribuye mucho á retardar el progreso de los conocimientos; porque el error se halla con frecuencia en las altas plazas."

339 Termina el prólogo de este modo «para concluir si por descuido, yo he avanzado alguna cosa erronea en teoría, ó sacado alguna falsa consecuencia de los esperimentos, espero que aquellos que los descubran, los corrijan cándidamente." Y esta misma indulgencia es la que yo exijo de mis lectores.

340 En la pág. 132 pone los *esperimentos* sobre las *ruedas de agua*; y dice:

«*ABCD* (fig. 77 lám. 5.ª) es una rueda de agua con cajones; la circunferencia es 5,6 pies; ó el diámetro del círculo que pasa por el centro de los cajones es 20 pulgadas. Por medio de un tornillo, se puede sacar esta rueda del eje y colocar en su lugar otra de diferente tamaño. Los dientes de las ruedas pueden tambien mudarse á voluntad, como igualmente las ruedas ó rodetes en el segundo eje, que giran por las ruedas dentadas.

»El agua es dirigida por la llave *N* á la artesa *H*, ó á la vasija *GFE*, que tiene tres aberturas ó compuertas en 1, 2 y 3; estas aberturas se han ajustado por esperimentos, de tal modo que cuando la vasija está llena hasta *FG*, si una cualquiera se abre, descargará el agua tan exactamente como es suministrada por la llave; de modo que el agua obra sobre la rueda por su peso y por impulso. El depósito ó cisterna, que alimenta la llave, está siempre igualmente lleno; esto es, el agua vuelve al depósito por medio de una

bomba, y la persona que la mueve tiene cuidado de que la superficie se conserve siempre en la misma señal."

Acerca de *la aplicacion del agua*, dice *Mr. Banks*, pág. 134. «En este punto ha habido varios pareceres; mas opiniones que no están sostenidas por teoría ó por esperimentos, merecen poca consideracion. En cualquier altura que el agua se aplique á la rueda, ha sido la práctica de muchos disminuir esta altura para obtener un manantial ó fuente, por haberse supuesto que el impulso producido por esta fuente causaría un efecto mayor del que el agua por su gravedad podría producir, si entrase en los cajones inmediatamente desde la superficie. Y no hay duda que se debe á opinion de esta naturaleza, el que el agua, que puede ser aplicada en el vértice, se disponga frecuentemente de modo que caiga sobre la rueda, cerca de 45° del vértice. Los siguientes esperimentos que han sido muchas veces repetidos, en público y privado, y con el mayor esmero y atencion, no inducen á disminuir la altura, con el objeto de obtener mas ventajas para el impulso.

»Sea que el efecto se mida por la velocidad, por su cuadrado, ó por su cubo, cada cosa permaneciendo la misma, se confesará que cuando la rueda se mueve mas velozmente, el agua se aplica con la mayor ventaja.

»*Esper.* 1.° Se abre el orificio núm.° 1.°, el agua choca en la rueda cerca del fondo y obra por impulso y por presion; el manantial es igual al diámetro de la rueda. La velocidad de la corriente ó vena de agua es 6,5 pies por segundo, la rueda hace 60 revoluciones en 7 minutos y 21 segundos, ó gira 8,2 veces en un segundo.

»*Esper.* 2.° Se abre la salida núm.° 2, el agua choca á la rueda cerca del centro, y la obliga á dar 60 vueltas en 3 minutos y 57 segundos ó 15,19 veces en un segundo.

»*Esper.* 3.° Se cierra el orificio núm. 2, y se abre el núm.° 3; el agua cae sobre la rueda con impulso á los 45 grados del vértice. La rueda gira 60 veces en 3 minutos y 28,5 segundos, ó da 17,26 en un minuto.

»*Esper.* 4.° El agua es dirigida á la artesa *H*, de la cual cae sobre el vértice de la rueda; 60 revoluciones se hacen en 3 minutos y 15 segundos, ó da 18,46 vueltás en un minuto.

»En los cuatro esperimentos, que se han variado considerablemente, una cantidad dada de agua produce el mayor número de revoluciones cuando está aplicada en el vértice de la rueda. De estos esperimentos aparece, que, para cada 15 revoluciones, cuando el agua

se aplica en el cuarto, habrá 16 cuando el agua se aplique en el vértice."

341 Despues refiere los esperimentos que ha hecho, cuyos resultados los pone en tablas y dice pág. 141. «La sesta columna manifiesta la relacion de la cantidad de agua que contiene la rueda de una vez, que es siempre inversamente como la velocidad de la rueda; por ejemplo, la rueda moviéndose con un cierto grado de velocidad, cada cajon recibe una dada cantidad de agua; pero si la rueda se mueve dos veces mas á prisa, un cajon solo puede recibir la mitad de la cantidad; ó si la rueda tiene la mitad de la supuesta primitiva velocidad, un cajon recibirá una doble cantidad. De otro modo, supongamos que la rueda se mueve 6 pies en un segundo, y que un cajon reciba 10 cuartillos; entónces si se mueve solo con 3 pies por segundo, un cajon recibirá 20 cuartillos, ó si 2 pies por segundo, 30 cuartillos, &c."

342 En la pág. 144 pone una tabla que contiene siete esperimentos en que la velocidad de la rueda de agua (*water wheel*) es gradualmente disminuida desde el primero al último; pero el efecto producido en el último es el mayor de todos, y va disminuyendo gradualmente hasta que en el primero es el menor de todos, que es cuando la velocidad es la mayor."

343 En la pág. 148 se ocupa *del tamaño de las ruedas* y principia de este modo: "Dada la caida ó la mayor altura, en que una corriente determinada se puede aplicar á la rueda, viene á ser necesario, en razon del gasto y utilidad, investigar cual debe ser el diámetro de la rueda. Esto se puede determinar ó por teoría ó por esperimentos.

1.° » Supongamos dos ruedas igualmente pesadas, el diámetro de la una siendo 10 y el de la otra 20, y que el peso está principalmente en la circunferencia, ó sobre poco mas ó ménos, del mismo modo en la una que en la otra.

2.° » Aplíquese la misma potencia á la circunferencia de cada rueda, y dichas circunferencias tendrán la misma velocidad; de aquí, el tiempo de una revolucion será como los diámetros directamente, ó en el presente caso, como 1 á 2; ó la rueda de 10 pies girará dos veces, mientras que la de 20 pies gire una, como ya se ha demostrado en el probl. XIV pág. 2.ª y probado por esperimentos en los núms. 12 y 16 de la tabla segunda pág. 129. En ambos esperimentos, la potencia es 4 onzas y el peso del volante ó rueda es el mismo; pero en el núm.° 12 el radio es 8 pulgadas, y la potencia es

aplicada á la distancia de 2 pulgadas; en el núm.° 16 su rádio es 4 pulgadas y la potencia se aplica á 1 pulgada; de aquí resulta que la relacion de los efectos producidos es exactamente la misma que si hubiese sido aplicada á la circunferencia de las dos ruedas; y como sus pesos son iguales y se mueven con igual velocidad, los efectos son tambien iguales; pero sus revoluciones no están hechas en el mismo tiempo; porque en 26 segundos una gira 61 veces y la otra 122, ó las revoluciones se hacen en un número de veces que guardan la razon de 1 á 2 como arriba.

3.° »Si la potencia hiciese girar una sola rueda, la velocidad de una circunferencia variará con el peso de aquella, y de consiguiente el tiempo en que gira; porque si una de las ruedas de arriba se hace dos veces mas pesada, tardará doble tiempo en hacer una revolucion, respecto del que ántes empleaba.

4.° »Si la potencia es una corriente de agua, esta variará con la velocidad de la rueda. Supóngase una corriente dada, que hace girar la rueda con dos grados de velocidad; entónces, si la velocidad de la rueda es solo uno, caerá dos veces tanta agua sobre ella, ó en los cajones, como cuando tenía dos grados de velocidad; de aquí resulta, que si una rueda de un peso dado, tiene una velocidad de 4 pies por segundo, una, cuatro veces mas pesada, se moverá 2 pies por segundo por la misma corriente, no considerando el agua como parte de la masa que se debe mover.

5.° »Supongamos una corriente de agua aplicada al vértice de una rueda de 10 pies de diámetro, y que obliga á la rueda á dar una vuelta en 6 segundos; aplíquese la misma fuerza al centro de otra rueda de 20 pies de diámetro; entónces es evidente, que, si cada cajon recibe tanta agua como ántes, la rueda grande tardará dos veces mas en hacer una revolucion que la pequeña; en cuyo caso, la misma rueda dentada &c., no puede hacer la misma obra; y si nosotros aumentamos la rueda dentada en la misma razon que la de agua, no tendrémos ninguna potencia por hacer la rueda mas grande." La verdad de todo esto se halla demostrada por los esperimentos que pone.

344 En la pág. 152 trata de *la caida del agua*; y dice: «Se entiende por *caida* la altura perpendicular, medida desde el fondo de la rueda á la superficie del dique, que cuando el agua sale sobre la rueda en alguna distancia debajo de la superficie, se distingue frecuentemente bajo la denominacion de fuente ó *manantial* y caida;" y de los varios esperimentos, á que se refiere, deduce que *cuando diferentes*

corrientes de agua producen iguales efectos, las cantidades deben ser inversamente como la caida.

Despues en la pág. 169, se propone *hallar la cantidad de agua sobre la rueda*; y dice lo siguiente:

«Si la cantidad dada de agua en un segundo se multiplicase por los segundos en que la rueda hace la mitad de una revolucion, el producto será la total cantidad sobre la rueda, ó si la mitad de la circunferencia en pies se multiplica por la cantidad por segundo, y se divide por la velocidad, el cociente será la cantidad sobre la rueda."

Y de la comparacion de los valores hallados para la velocidad de la circunferencia, deduce que «*la velocidad* calculada es en cada esperimento algo mayor; pero la diferencia es menor de lo que se debía esperar, cuando consideramos el grado de exactitud que se requiere en la medicion de la cantidad de agua, del peso, diámetro, circunferencias &c.

»Cuando la mitad de los cajones están igualmente cargados, y la rueda está parada; si el peso total del agua se multiplica por 0,6366, el producto es el peso que, si estuviese suspendido al estremo del radio horizontal, balancearía el total. Pero segun lo que yo he podido descubrir por esperimentos, cuando la rueda está en movimiento, el efecto es próximamente el mismo que si toda el agua en los cajones gravitase en el fin del diámetro horizontal. Si esto es verdad, se puede deber en parte á la velocidad que el agua tiene cuando cae sobre la rueda, y á la fuerza centrífuga, por la cual propende á moverse en una direccion tangente á la rueda. Pero, al hacer los cálculos, conviene, para tener mayor seguridad, multiplicar la cantidad por 0,6366.

»Cuando la resistencia es irregular, como en las ferrerías, ó fraguas, forjas, compuertas, molinos de aserrar, &c., viene á ser necesario añadir un volante, para conservar tanto como se pueda dicho movimiento, y evitar choques repentinos en la obra.

»Un volante grande es preferible á un volante pequeño, todas las veces que se pueda. Porque si un volante de 10 y otro de 40 pies de diámetro giran en el mismo tiempo, el mas pequeño debe ser cuatro veces mas pesado que el otro para producir el mismo efecto."

345 Habiendo ya insertado cuantas noticias, datos, esperimentos, &c., yo he podido recolectar, y que puedan suministrar luces, ya para ilustrar y comprobar lo dicho hasta aquí, ya para que sirva de base y fundamento para la mas completa inteligencia de la

doctrina, cálculos y reflexiones en que vamos á entrar, para facilitar la introduccion de nuestras ruedas de *sobre-lado*, vamos á esponer ante todo su teoría, directamente por *el principio de la conservacion de las fuerzas vivas*; debiendo repetir, para que el lector se dedique con mayor confianza á profundizar esta materia, que habiendo manifestado á *Mr. Navier* mis idéas sobre el punto de aplicacion del agua en que yo tenía pensado fijarme á los 30 grados del vértice, mereció su mas completa aprobacion.

Sea A (fig. 65 lám. 5) el nivel del depósito que suministre el agua á nuestra rueda de *sobre-lado*; y concibamos que el movimiento de la rueda se empléa en levantar el peso P por medio de una cuerda, que, para mayor sencillez, supondrémos que se arrolle á un tambor cuyo radio sea CN, que corresponde á la circunferencia media que contiene los centros de gravedad de los cajones. Espresemos por H la altura total de la caida, esto es, la diferencia de nivel entre el punto superior A del depósito y el punto D en que el agua sale enteramente de la rueda; y llamémos h la parte AB de esta caida, que hay desde el nivel superior A, hasta el fondo B de los cajones. Sea v la velocidad del centro de estos cuando el movimiento ha llegado á la uniformidad, y M la masa de agua que suministra la caida en un segundo y que recibe la rueda.

346 Sentado esto, lo primero sobre que debemos fijar nuestra consideracion, es que el agua, en virtud de la gravedad, corre la altura $AB=h$, ántes de llegar al fondo B de los cajones; por lo que, al llegar á B, tendrá en virtud de lo demostrado (§ 342 Mec. ec. (371)), una velocidad $=\sqrt{2gh}$ siendo g la fuerza de la gravedad; y como los cajones giran con la velocidad v, se verificará una de estas tres circunstancias, á saber: ó que $\sqrt{2gh}$ sea mayor que la velocidad v de la rueda, ó que sea igual ó que sea menor. En el primer caso, resultará que llegando el agua al fondo del cajon con una velocidad $\sqrt{2gh}$, mayor que la velocidad v del mencionado cajon, se verificará en dicho fondo un choque, y el fluido perderá repentinamente una velocidad espresada por $\sqrt{2gh}-v$.

Si $\sqrt{2gh}$ fuese igual con la velocidad v de la rueda, no se verificaría choque ni pérdida de velocidad; y por consiguiente en este

caso se verificaría la mayor velocidad en la rueda; pero en virtud de los esperimentos citados (342), cuando la rueda adquiere la mayor velocidad es justamente cuando produce ménos efecto; luego este caso no es el que conviene adoptar.

Si $\sqrt{2gh}$ fuese menor que la velocidad de la rueda, entónces el agua no llegaría al fondo de los cajones, y rozaría con la parte convexa de ellos; ofreciendo á estos una especie de rozamiento, el agua no solo no comunicaría impulso á la rueda, sinó que retrasaría el que la rueda tuviese por sí, en virtud de otro agente; caso que tampoco puede ocurrir cuando el único motor sea el agua. Luego, para que la rueda se mueva por efecto del agua, y este movimiento se trasmita con ventaja á cualquier trabajo industrial, debe siempre ser la velocidad $\sqrt{2gh}$ que el agua adquiera en virtud de la gravedad, corriendo el espacio $AB=h$, una velocidad mayor que la velocidad v de la rueda; y se verificará por efecto del choque en el fondo del cajon, una pérdida de velocidad espresada por $\sqrt{2gh}-v$. Por consiguiente, habrá una pérdida de fuerza viva espresada por $M(\sqrt{2gh}-v)^2$. Ademas, cuando el fluido abandone los cajones, estará animado de la velocidad v que estos poséan.

Si espresamos por t el tiempo, que empléa el punto M de la rueda, en llegar al punto inferior D, tendrémos que, pues M es la masa de agua que se gasta en un segundo, en el número t de segundos, se gastará una masa de agua espresada por Mt; y como el tiempo se halla siempre (§ 301 Mec.) *dividiendo el espacio corrido, por la velocidad*, tendrémos que será $t=\frac{MLD}{v}$; y la espresada masa de agua gastada, mientras el punto M llega á D, se hallará espresada por $M.\frac{MLD}{v}$; y el peso será $Mg.\frac{MLD}{v}$. Ahora, segun hemos espresado en la primera parte de nuestra *Mecánica industrial* (II C), para valuar la potencia absoluta ó fuerza motriz que una cantidad de agua puede ejercer, en un tiempo dado, *se multiplica el peso de toda la cantidad de agua, que obra en dicho tiempo por la altura de que el agua cae.* Luego, como H

espresa la altura de que cae el agua, cuyo peso es $Mg.\frac{MLD}{v}$, tendrémos que la fuerza motriz absoluta, que dicha cantidad de agua es capaz de producir, está espresada por $Mg.\frac{MLD}{v}.H$.

El peso P sube al mismo tiempo á una altura vertical igual al arco MLD, por consiguiente imprime en sentido contrario una cantidad de accion que está espresada por $P.MLD$; y como esta cantidad de accion se verificará en sentido contrario de la $Mg.\frac{MLD}{v}.H$, la suma algebraica (§ 172 I. T. E.) de las cantidades de accion comunicadas durante el espresado tiempo es $Mg\frac{MLD}{v}.H-P.MLD$.

Por otra parte, siendo v la velocidad del agua, en el momento en que abandona á la rueda, la fuerza viva que durante el espresado tiempo ha adquirido la masa $M.\frac{MLD}{v}$, es $M.\frac{MLD}{v}.v^2$; mientras que el efecto del choque verificado en B, es el hacer perder durante este mismo tiempo, la fuerza viva $M.\frac{MLD}{v}.(\sqrt{2gh}-v)^2$. Igualando, pues, la suma de las cantidades de accion comunicadas, con la mitad de la suma de las fuerzas vivas, adquiridas y perdidas, resultará $Mg.\frac{MLD}{v}.H-P.MLD=\frac{1}{2}(M.\frac{MLD}{v}.v^2+M\frac{MLD}{v}(\sqrt{2gh}-v)^2)$. Suprimiendo MLD, que es comun en todos los términos, multiplicando por v, y efectuando las operaciones en el segundo miembro, resulta $Mg.H-Pv=\frac{1}{2}Mv^2+\frac{1}{2}M.2gh-Mv\sqrt{2gh}+\frac{1}{2}M.v^2=$ $=Mv^2+M.gh-Mv\sqrt{2gh}$; que despejando Pv, da $Pv=Mg.(H-h)+M(\sqrt{2gh}-v)v$ (54); ó sustituyendo E en vez de Pv, será $E=Mg.(H-h)+M(\sqrt{2gh}-v)v$ (55). Ecuacion que determina el movimiento de la rueda en el supuesto de que haya llegado á la uniformidad.

347 Aplicando á esta ecuacion el procedimiento de los *máximos* y *mínimos* (§ 568 II T. E.) *, resulta que el valor E ó Pv, que representa la cantidad de accion que la caida de agua trasmite á la

---

* Todas las cantidades que contiene la (ec. 55) son constantes escepto la v, que es la velocidad de la rueda, y la h, que es la altura del agua en el depósito respecto del fondo de los cajones; por consiguiente, la espresada ecuacion es una funcion de dos variables, y será susceptible de suministrar *máximos* y *mínimos* respecto de cada una de las variables, que son lo que hemos llamado (§ 568 II T. E.) *máximos y mínimos relativos*; y tambien *máximos y mínimos absolutos*, esto es, que sean con relacion á las dos variables al mismo tiempo.

Con relacion á v ya hemos encontrado el máximo relativo (nota del § 261), pues la (ec. 55) es exactamente la misma que la (ec. 28); y nos ha resultado que se verifica en el caso de ser $v=\frac{1}{2}\sqrt{2gh}$; por lo que nos vamos á proponer ahora encontrar el máximo relativo atendiendo á la variacion de h; y el máximo absoluto, considerando las dos variables v y h, todo con arreglo á la doctrina espuesta (§ 568 y siguientes II T. E.).

Ocupémonos primero en hallar el *máximo* relativo considerando h solo como variable; y hallando el coeficiente diferencial respecto á ella, será

$$\frac{dE}{dh}=-Mg+Mv.\frac{2g}{2\sqrt{2gh}}=-Mg+Mv.\frac{g}{\sqrt{2gh}}.$$

Igualando á cero esta espresion, y suprimiendo Mg, que es comun en ambos términos, resulta $-1+\frac{v}{\sqrt{2gh}}=0$, que da $v=\sqrt{2gh}$; y elevando al cuadrado, será $v^2=2gh$; que da $h=\frac{v^2}{2g}$; lo cual manifiesta que si ha de haber *máximo* ó *mínimo* es cuando h sea la altura debida á la velocidad v. Para cerciorarnos de si en dicho caso hay *máximo* ó *mínimo*, hallarémos el segundo coeficiente diferencial con relacion á h, y será

$\frac{d^2E}{dh^2}=-\frac{Mvg}{2h\sqrt{2gh}}$; sustituyendo en vez de $\sqrt{2gh}$ su valor v, resulta

$\frac{d^2E}{dh^2}=-\frac{Mg}{2h}$; y sustituyendo por h su valor $\frac{v^2}{2g}$, se tiene por último

$\frac{d^2E}{dh^2}=-\frac{Mg}{2.\frac{v^2}{2g}}=-\frac{Mg^2}{v^2}$; valor que no desapareciendo y siendo negativo, manifiesta que cuando $h=\frac{v^2}{2g}$, el valor E ó Pv es un *máximo* con respecto á h.

Para encontrar el *máximo* absoluto, esto es, considerando variables v y h á un mismo tiempo, hallarémos los coeficientes diferenciales con relacion á cada una de estas variables; lo que nos dará

$\frac{dE}{dv}=M.\sqrt{2gh}-2Mv$; $\frac{dE}{dh}=-Mg+Mv.\frac{2g}{2\sqrt{2gh}}$; igualando estas espresiones á

rueda, y que esta puede comunicar á cualquier trabajo industrial, es un *máximo* con relacion á v cuando $v=\frac{1}{2}\sqrt{2gh}$; y manifiesta que es cuando la velocidad de los cajones es la mitad de la velocidad que posée el fluido en el instante en que viene á chocar con ellos. La misma cantidad es un *máximo* con relacion á h cuando $v=\sqrt{2gh}$; y que el *máximo absoluto*, atendiendo á las variaciones de v y de h á un mismo tiempo, es cuando $v=0$, y $h=0$. Pero cuando $v=0$, y $h=0$, no hay movimiento en la rueda, y por consiguiente no puede

---

cero, se tiene $M.\sqrt{2gh}-2Mv=0$, $-Mg+Mv.\frac{2g}{2\sqrt{2gh}}=0$; dividiendo la primera por M y despejando v, será $v=\frac{1}{2}\sqrt{2gh}$; dividiendo la segunda por Mg, y suprimiendo el 2 que hay comun en el numerador y denominador del segundo miembro, resulta $-1+\frac{v}{\sqrt{2gh}}=0$, ó $-\sqrt{2gh}+v=0$; sustituyendo por v, su valor $\frac{1}{2}.\sqrt{2gh}=\frac{1}{2}\sqrt{2g}.\sqrt{h}$, se tiene $-\sqrt{2g}.\sqrt{h}+\frac{1}{2}\sqrt{2g}\sqrt{h}=0$, que descomponiendo en factores, será $\sqrt{h}(-\sqrt{2g}+\frac{1}{2}\sqrt{2g})=0$. ó despejando, $\sqrt{h}=\frac{0}{-\sqrt{2g}+\frac{1}{2}\sqrt{2g}}=\frac{0}{-\frac{1}{2}\sqrt{2g}}=-0$; y elevando al cuadrado será $h=0$; sustituyendo este valor de h, en el de $v=\frac{1}{2}\sqrt{2gh}$, se convierte en $v=0$. Luego si la (ec. 55) ha de tener *máximo* ó *mínimo* absoluto, ha de ser cuando $v=0$, y $h=0$. Veamos si se verifican en este caso los caractéres del máximo; para esto, hallarémos los coeficientes diferenciales de segundo órden; lo que nos dará $\frac{d^2E}{dv^2}=-2M$; $\frac{d^2E}{dvdh}=M.\frac{2g}{2\sqrt{2gh}}=\frac{Mg}{\sqrt{2gh}}$; $\frac{d^2E}{dh^2}=-\frac{Mg}{2h}$.

Multiplicando el valor $-2M$ de $\frac{d^2E}{dv^2}$ por el $-\frac{Mg}{2h}$, de $\frac{d^2E}{dh^2}$, se tiene $-2M.-\frac{Mg}{2h}=\frac{M^2g}{h}$.

Cuadrando el valor $\frac{Mg}{\sqrt{2gh}}$ de $\frac{d^2E}{dvdh}$, se tiene $\frac{M^2g^2}{2gh}=\frac{M^2g}{2h}$; y como $\frac{M^2g}{h}$ es mayor que $\frac{M^2g}{2h}$, en cualquier valor que tenga h, resulta con arreglo á lo espuesto (§ 569 II T. E.), que la (ec. 55) es un *máximo* absoluto, cuando $v=0$, y $h=0$; lo cual comprueba las conclusiones de *Mr. Navier.*

haber trabajo producido; y por eso dice *Mr. Navier* con mucha razon, que este debe considerarse como un límite: en cuyo caso, la ecuacion se convierte en $E=Pv=Mg.H$, que es toda la cantidad de accion que posée la corriente. Luego quiere decir que *nuestra rueda se aproxima todo lo posible á la perfeccion*, pues que se acerca todo lo que se quiera á la cantidad de accion total.

Pero la esperiencia prueba (264) que, para que una rueda de esta naturaleza marche con uniformidad, debe tener una velocidad constantemente igual á unos $3\frac{1}{2}$ pies españoles; por lo cual el caso del *máximo absoluto*, no puede verificarse en la práctica; y de las dos circunstancias que dan los máximos relativos, la que lo da con relacion á la velocidad, dice que *la velocidad debe ser la mitad de la debida á la altura*; y el *máximo* relativo á la altura manifiesta que *la velocidad debe ser igual á la debida á toda la altura*. Para que se cumplan estas dos circunstancias á un mismo tiempo, es preciso que la altura h, sea igual con cero; en cuyo caso, tambien la velocidad v deberá serlo. Pero si la rueda no tuviese velocidad ninguna, no podría producir efecto en la práctica: por cuyo motivo, repetimos, que *Mr. Navier* con la sagacidad que le caracteriza dice que les valores $h=0$, $v=0$, deben considerarse como límites hácia los cuales deben acercarse los valores de h y de v.

348 Puesto que el caso del *máximo* absoluto, que da la teoría, cuando $h=0$, y $v=0$, se deben considerar como límites de los valores que deben tener h y v en la práctica, falta todavía indagar cual de las dos relaciones, á saber, la de ser h la altura debida á la mitad de la velocidad de la rueda que da el *máximo* relativo con respecto á v; ó la altura debida á la velocidad de la rueda, como requiere el máximo relativo con respecto á h, es la que se debe preferir; ó si es mas conveniente una relacion media entre las dos, como el ser h la altura debida á los tres cuartos de velocidad, que es el término medio Aritmético. Entretanto que la esperiencia nos ilustra sobre este particular, parece oportuno decidirnos por la relacion de ser h la altura debida á la mitad de la velocidad de la rueda, pues que de este modo nos desviamos ménos del límite o que deben tener h y v para acercarse al *máximo absoluto*.

349 En este supuesto, si en la (ec. 55) sustituimos $\frac{1}{2}\sqrt{2gh}$ por v se nos convertirá, despues de todas las reducciones y simplificaciones, para el caso del máximo efecto, en $E=Pv=Mg\ (H-\frac{1}{2}h)$ (56). Y el esfuerzo ejercido por el agua en sentido de la circunferencia que

pasa por el centro de los cajones, será $P=\frac{Mg}{v}.(H-\frac{1}{2}h)$ (57).

Para conciliar las demas circunstancias, y ofrecer una construccion fácil de comprender, y de ejecutar en la práctica, juzgamos que los cajones reunirán el mayor número de ventajas, construyéndolos del modo siguiente: *se tomará una abertura de compas igual á la diferencia* mn *entre el radio mayor y menor de la rueda, ó lo que es lo mismo al ancho de las coronas; se pondrá una punta del compas en el parage* m *de la circunferencia interior en que se va á formar ó describir un cajon, y la otra se fijará en el punto* o *de la circunferencia interior, donde caiga, estando colocada como cuerda dicha abertura de compas. Haciendo centro en dicho punto* o, *se trazará un arco de círculo* ml *desde la circunferencia interior hasta la esterior, y este arco formará la curva del cajon*; y tendrá la propiedad de aproximarse mucho á ser perpendicular á la circunferencia interior, y tangente á la esterior; y como formará una curva toda seguida, no contendrá garrotes, y por consiguiente no ofrecerá pérdida considerable de fuerzas por causa del choque; luego reune las circunstancias mas esenciales. La práctica podrá suministrar en lo sucesivo alguna construccion mas ventajosa.

Ruego á las personas que construyan ruedas por este sistema el que procuren observar su efecto dinámico con la mayor exactitud. En mi concepto, darán lo ménos 0,85 á 0,90 de la cantidad teórica que suministran las ecuaciones (55) y (56); pero como nos hemos propuesto siempre calcular mas bien quedándonos cortos, tomarémos el menor de estos números, y juzgamos que se podrán emplear con la correspondiente confianza en la práctica, las (ecs. 55 y 56) multiplicando sus segundos miembros por 0,85; lo cual nos dará

$E=Pv=0,85\ (Mg.(H-h)+M(\sqrt{2gh}-v)v)$ (58) para el caso general; y $E=Pv=0,85.Mg\ (H-\frac{1}{2}h)$ (59) para el caso del *máximo* efecto.

El esfuerzo ejercido por el agua en el sentido de la circunferencia que pasa por el centro de los cajones, será en el caso general

$P=0,85\frac{Mg}{v}+M(\sqrt{2gh}-v)$ (60); y en el caso del máximo efecto

$P=0,85\frac{Mg}{v}(H-\frac{1}{2}h)$ (61).

Representando por Q la cantidad ó volúmen de agua que se gasta en un segundo, espresado en pies españoles, tendrémos $Mg=47Q$; y las fórmulas anteriores se podrán poner bajo esta forma

$E=Pv=0{,}85.(47Q(H-h)+M(\sqrt{2gh}-v)v)=39{,}95Q(H-h)+$ $0{,}85M(\sqrt{2gh}-v)v$ libr.^{s} × pies (62) para el caso general; y para el caso del *máximo* efecto

$E=Pv=0{,}85.47Q(H-\frac{1}{2}h)$ libr.^{s} × pies $=39{,}95Q(H-\frac{1}{2}h)$l.×p. (63).

El esfuerzo ejercido por el agua en el sentido de la circunferencia, que pasa por el centro de los cajones, ó el peso P que podrá levantar el cordon que se arrollase á dicha circunferencia, vendrá á ser, en el caso general, $P=39{,}95.\frac{Q}{v}(H-h)+0{,}85.M.(\sqrt{2gh}-v)$ libras (64);

y en el del *máximo* efecto será $P=39{,}95\frac{Q}{v}(H-\frac{1}{2}h)$ libras (65).

Esta rueda que, en general, es en mi concepto la mas ventajosa de todas, lo será todavía mas en España; porque la desigualdad del terreno presenta mucha facilidad para obtener una caida regular sin grandes gastos: por lo que terminamos este punto reiterando nuestros deséos de que se introduzca en los establecimientos industriales, y se observen sus efectos para comprobar, ó rectificar su teoría con lo que resulte de la esperiencia.

Teoría de las ruedas horizontales movidas por el choque del agua.

350 Las ruedas horizontales de paletas, que reciben el choque del agua se emplean con mucha frecuencia en todos los casos en que, como en los molinos de trigo, y otros trabajos industriales, se necesita emplear un movimiento de rotacion en un plano horizontal, sin engranage, ni ningun otro mecanismo que complique la máquina y dificulte su ejecucion. Dichas ruedas ofrecen ventajas considerables en muchas ocasiones; por lo cual vamos á esponer aquí su teoría, siguiendo tambien á *Mr. Navier*.

351 Espresemos por H la altura AC (fig. 78 lám. 6.ª) de la caida, v la velocidad circular horizontal del punto C de la paleta encontrada por el eje de la vena de agua, a el ángulo DCM formado por la superficie de la paleta en el punto C con un plano horizontal, y x el ángulo que el eje BC de la vena de agua forma con la perpendicular á la superficie de la paleta en C. Supongamos que se empléé la accion del agua sobre la rueda en elevar el peso P, por

medio de una cuerda arrollada sobre un tambor de un radio igual al de la rueda. Entendido esto, suponiendo la velocidad del agua en el instante en que choca á la paleta en C, debida á la altura de la caida, se hallará espresada por $\sqrt{2gH}$; y si las paletas estuviesen inmóviles, esta cantidad de agua perdería contra ellas (187), por el efecto del choque, la velocidad $\sqrt{2gH}.\cos.x$ en atencion á que aquí el ángulo x es complemento del que allí llamábamos a, y que por consiguiente el coseno de este es el mismo que el seno de aquel. Pero las paletas moviéndose horizontalmente con la velocidad v, que si la estimamos perpendicularmente al plano de la paleta, es $v.\ \text{sen}.\ a$, se ve que el agua no pierde verdaderamente contra la paleta sinó la velocidad $\sqrt{2gH}.\cos.x - v.\text{sen}.a$. Se observará tambien, que, despues del choque el agua ha conservado primero la componente de su velocidad que es dirigida paralelamente á la paleta, la cual está espresada por $\sqrt{2gH}.\ \text{sen}.\ x$, y despues la velocidad misma de la paleta $v.\ \text{sen}.\ a$. Estas dos velocidades, son perpendiculares entre sí, y su resultante (§ 315 Mec.) $\sqrt{2gH.\text{sen}.^2x + v^2\text{sen}.^2a}$ espresa la velocidad conservada por el fluido en el instante en que cesa de obrar sobre la rueda.

352 Empleando ahora el principio de la conservacion de las fuerzas vivas, demostrado (nota del § 127), y llamando siempre M la masa del agua gastada en un segundo, si suponemos que el movimiento de la rueda ha llegado á la uniformidad, la suma de las cantidades de accion comunicadas en un segundo, es $Mg.H - Pv$; la fuerza viva perdida por el choque del agua contra las paletas en el mismo tiempo, $M(\sqrt{2gH}.\cos.x - v.\text{sen}.a)^2$, y la poseida por el agua en el instante en que cesa de hacer parte del sistema, $M(2gH.\text{sen}.^2x + v^2\text{sen}.^2a)$. La ecuacion del movimiento de la rueda es pues $Mg.H - Pv = \frac{1}{2}M(\sqrt{2gH}.\cos.x - V\text{sen}.a)^2 +$

$+ \frac{1}{2}M(2gH.\text{sen}.^2x + v^2\text{sen}.^2a) = \frac{1}{2}M.2gH\cos.^2x - M\sqrt{2gH}.v.\cos.x\,\text{sen}.a +$ $+ \frac{1}{2}Mv^2\text{sen}.^2a + MgH.\text{sen}.^2x + \frac{1}{2}Mv^2\text{sen}.^2a$; y teniendo presente que (633 I T. E.) $\cos.^2x + \text{sen}.^2x = 1$, el primero y cuarto términos equivalen á MgH, que se destruye con esta misma cantidad del primero; y como el término $\frac{1}{2}Mv^2\text{sen}.^2a$ está repetido, si mudamos al mismo tiempo los signos á toda la ecuacion, reducimos y espresamos el producto Pv por E, se tendrá $E = Pv = M(\sqrt{2gH}.\cos.x - v\text{sen}.a)v.\text{sen}.a$ (66); de donde se deducirá el valor de la velocidad v, que tomará la rueda.

353 Como E ó Pv representa la *cantidad de accion* trasmitida

á la rueda en un segundo, ó el trabajo que puede efectuar, ó el efecto que puede producir, y que hemos señalado por E, se trata de averiguar las relaciones que se han de verificar entre a, v y x para que esta cantidad sea un *máximo*. Pero se ve inmediatamente, respecto de x, que el valor de $\cos.x$ debe ser el mayor posible, es decir, $=1$; de donde $x=0$; lo que enseña, que *el eje de la vena de agua debe ser dirigido perpendicularmente á las paletas*, como era fácil de prever. Suponiendo que se halle satisfecha esta condicion, el valor de Pv ó de E, (ec. 66) se convierte en

$Pv=M(\sqrt{2gH}-v\text{sen.}a)v\text{sen.}a$ (67), que es un *máximo* * cuando

$v\text{sen.}a=\frac{1}{2}\sqrt{2gH}$ (68), ó cuando $v=\dfrac{\sqrt{2gH}}{2\text{sen.}a}$ (69).

354 Sustituyendo por v este último valor en el de Pv, ó E se tendrá $E=Pv=\frac{1}{2}Mg.H$ (70); de modo que esta rueda, así como las verticales colocadas en un canalizo y que reciben el agua por debajo, puede trasmitir una cantidad de accion cuyo límite teórico es la mitad del representado por la caida del agua que la pone en movimiento. Pero hay esta diferencia, que en las ruedas de paletas verticales, cuando se quiere obtener la mayor cantidad de accion posible, la velocidad de las paletas está determinada y debe ser la mitad, ó segun la esperiencia los $\frac{2}{5}$ de la que tiene la corriente, mientras que en la rueda de que hablamos, se puede hacer variar arbitrariamente la velocidad de la rueda, de modo que produzca siempre

---

* En efecto, el coeficiente diferencial de la (ec. 67), considerando variable la v, es $\dfrac{dE}{dv}=M(\sqrt{2gH}-v\text{sen.}a)\,\text{sen.}a-Mv\text{sen.}a\text{sen.}a$; igualando esta espresion á cero, se tiene, despues de suprimir $M.\text{sen.}a$ que es comun, $\sqrt{2gH}-v\text{sen.}a-v\text{sen.}a=0$, ó $\sqrt{2gH}=2v.\text{sen.}a$; que da $v=\dfrac{\sqrt{2gH}}{2\text{sen.}a}$. Para cerciorarnos de que en este caso la funcion Pv ó E, es un máximo, hallarémos el segundo coeficiente diferencial, y tendrémos $\dfrac{d^2E}{dv^2}=-M.\text{sen.}^2a-M\text{sen.}^2a=-2M\text{sen.}^2a$, que como no desaparece, y es negativo, resulta que, en el espresado caso la funcion E ó Pv es un máximo.

el *máximo* efecto, de que es susceptible, arreglando convenientemente la inclinacion de las paletas y la direccion de la vena de agua, con tal que la relacion $\frac{\sqrt{2gH}}{2\text{sen}.a}$ quede satisfecha. Esto manifiesta que *Mr. Fabre* se equivoca, afirmando que en estas ruedas horizontales las paletas deben ser verticales, y horizontal la direccion de la vena (*Ensayo sobre la construccion de las máquinas hidráulicas* p. 44). En esta suposicion se tendría $\text{sen}.a=1$, y la fórmula precedente, daría $v=\frac{1}{2}\sqrt{2gH}$, como ya se ha encontrado.

355 Convendría el que las ruedas de esta especie se estudiasen esperimentalmente. Es verosímil el que se tendría ventaja en hacer la velocidad de la rueda un poco menor de lo que indica el cálculo precedente, y encurvar por debajo la superficie de las paletas, como se ve en la figura, á fin de aprovechar un poco de la accion del peso del agua ántes que caiga debajo de la rueda. Es necesario por otra parte proporcionar, tanto en esta rueda, como en todas las otras, una altura suficiente para que el agua se escape sin entorpecer el movimiento de rotacion. A pesar de estas precauciones, hay motivo para presumir, que no se obtendrá de esta rueda un efecto mas ventajoso que de las ruedas verticales colocadas en un canalizo, es decir, que ella no trasmitiría sinó los $\frac{2}{3}$ sobre poco mas ó ménos del máximo teórico hallado ántes, ó el $\frac{1}{3}$ de la cantidad de accion representada por la caida del agua. Pero las ruedas horizontales cuando se usan en un molino de trigo, ofrecen ventajas bastante grandes sobre las otras, en razon de la sencillez y economía de su construccion, de la supresion de todo engranage, y de la facilidad de hacer variar la velocidad segun se quiera, sin perder nada del efecto obtenido.

Establecimiento de una rueda horizontal movida por el choque del agua.

356 Para verificar el establecimiento de estas ruedas, se seguirá el mismo rumbo indicado para las otras. Así, despues de haber arreglado la velocidad é inclinacion de las paletas, como se ha dicho ántes, de modo que produzcan el *máximo* efecto, la cantidad de accion correspondiente trasmitida en un segundo, será sobre poco mas ó ménos $E=Pv=\frac{1}{3}MgH$ (71); ó, representando por Q el gasto de agua hecho por segundo, lo que da $Mg=47Q$ libras, $E=Pv=\frac{1}{3}47Q=$ $=15,67.Q$.l.×p. (72). El esfuerzo ejercido sobre el centro de las pale-

tas, en el sentido del movimiento de la rueda, será pues

$P=\frac{1}{3}.47\frac{QH}{v}=15,67\frac{Q}{g}$. sen. $a\sqrt{2gH}$ libr. (73); que será necesario poner en equilibrio con el esfuerzo que proviene de la resistencia del trabajo industrial á que se destina.

Teoría de las ruedas horizontales de paletas curvas movidas por la presion del agua.

357 Siendo MN (fig. 79 lám. 6.ª) la rueda horizontal, de que se trata, se la supone guarnecida de paletas curvas tales como CD, y que el agua dirigida por un tubo BC, se introduce entre las paletas tangencialmente á su curvatura, y pasa á su estremo inferior D. Llamemos H la altura total de la caida, y h la altura AC desde el nivel del depósito hasta la parte superior de la rueda; de modo que $H-h$ será la altura de esta rueda; M la masa del agua gastada en la unidad de tiempo; v la velocidad de las paletas en el punto en que la vena de agua entra en la rueda; P el peso que levanta la rueda por medio de una cuerda que se arrolla sobre un tambor del mismo diámetro que ella; a el ángulo ACB formado por la direccion de la vena de agua con la vertical; b el ángulo que la tangente DE en el punto mas bajo de la curva forma con la vertical.

Haciendo abstraccion de los rozamientos, la velocidad del agua en el instante en que llega al punto C, es $\sqrt{2gh}$; descomponiéndola en otras dos, una horizontal y otra vertical, tendrémos (§ 29 Mec.) que cos. $a\sqrt{2gh}$ será la vertical y sen. $a\sqrt{2gh}$ será la horizontal. Pero la velocidad v de las paletas es horizontal; y si se quiere considerar, no ya la velocidad efectiva del agua, sinó aquella con la cual debe correr á lo largo de la paleta, mientras que ella es conducida por el movimiento de la rueda, la componente horizontal de la velocidad de esta agua deberá ser disminuida de la velocidad de la rueda, es decir, quedar reducida á sen. $a\sqrt{2gh}-v$. La componente vertical, no sufriendo ninguna alteracion, resulta que el agua principia á correr á lo largo de la paleta, al mismo tiempo que es conducida por la rueda, con la velocidad (§ 315 Mec.)

$\sqrt{2gh.\ \text{cos.}^2\ a+(\text{sen.}\ a\sqrt{2gh}-v)^2}$ ó $\sqrt{2gh-2\ v\ \text{sen.}\ a\sqrt{2gh}+v^2}$,

la cual es debida (§§ 50 y 51 Mec. Práct.) á la altura $\frac{2gh-2\,v.\,\text{sen.}\,a\sqrt{2gh+v^2}}{2g}$. Se notará ahora, que el agua corriendo á lo largo de la paleta, pasa por una curva contra la cual ella no pierde ninguna velocidad, conforme á lo espuesto anteriormente; de modo que cuando ha llegado al punto D, la altura á la cual es debida su velocidad está aumentada en la cantidad $H-h$. Esta altura es pues $\frac{1}{2g}(2gh-2\,v\,\text{sen.}\,a\sqrt{2gh+v^2})+H-h$; y la velocidad del agua en el punto D es por consiguiente $\sqrt{2gH-2\,v\,\text{sen.}\,a.\sqrt{2gh+v^2}}$; y como la direccion de esta última velocidad es la de la tangente DE, se la puede considerar como compuesta de la velocidad vertical cos. $b.\sqrt{2gH-2\,v\,\text{sen.}a\sqrt{2gh+v^2}}$, y de la velocidad horizontal sen. $b.\sqrt{2gH-2\,v.\,\text{sen.}\,a\sqrt{2gh+v^2}}$. Pero esta última espresion conviene á la velocidad con que el fluido corre á lo largo de la paleta mientras que es llevado por la rueda, en sentido contrario de su movimiento, con la velocidad v. Luego cuando el agua deja la rueda, su velocidad efectiva horizontal es solamente sen. $b\sqrt{2gH-2\,v\,\text{sen.}\,a\sqrt{2gh+v^2}}-v$; y componiendo esta velocidad con la velocidad vertical, que el movimiento de la rueda no altera, se halla, despues de las competentes reducciones, para su resultante, que espresa la velocidad real poseida por el fluido, en el instante en que viene á abandonar la rueda, $\sqrt{(2gH-2v\text{sen.}a\sqrt{2gh}+2.v^2-2v\text{sen.}b\sqrt{2gH-2v\text{sen.}a\sqrt{2gh+v^2}})}$.

358 Esto supuesto, el movimiento de la rueda habiendo llegado á ser uniforme, se observará que la suma de las cantidades de accion, comunicados en la unidad de tiempo, es $MgH-Pv$, y que el agua no sufriendo ningun choque á su entrada en la rueda, sale de ella, de modo que no hay aquí fuerza viva perdida en el sistema; esta suma debe ser igual, conforme á lo espuesto (127 nota), á la mitad de la fuerza viva adquirida por el sistema en la unidad de tiempo, es decir, á la mitad de la fuerza viva poseida por la masa

de agua que corre en la unidad de tiempo en el instante en que acaba de abandonar la rueda. La ecuacion del movimiento de la rueda es pues $MgH-Pv=\frac{1}{2}M(2gH-2v\text{ sen. }a\sqrt{2gh}+2v^2-$ $-2v\text{ sen. }b\sqrt{2gH-2v\text{ sen. }a\sqrt{2gh}+v^2})$, ó reduciendo $Pv=M(\text{sen. }a\sqrt{2gh}-v+\text{sen. }b\sqrt{2gH-2v\text{ sen. }a\sqrt{2gh}+v^2})v$ (74).

359 *Condiciones que se deben verificar para obtener el mayor efecto posible.* Es necesario ahora determinar las cantidades, a, b, y v, de modo que hagan un *máximo* este valor de la cantidad de accion trasmitida á la rueda; pero se ve, primero con relacion á b, que es necesario que sen. b sea el mayor posible, es decir=1; lo que enseña, que la tangente en el estremo inferior D de la curva de la paleta debe ser horizontal. Satisfecha esta circunstancia, la cantidad de accion trasmitida viene á ser

$$E=Pv=M(\text{sen. }a\sqrt{2gh}-v+\sqrt{2gH-2v\text{ sen. }a\sqrt{2gh}+v^2})v \quad (75).$$

Y si se busca * el valor de v, que hace esta cantidad la mayor posible, se hallará $v=\dfrac{gH}{\text{sen. }a\sqrt{2gh}}$ (76).

Sustituyendo despues este valor de v en el de Pv, se tendrá $E=Pv=MgH$ (77); de donde se sigue que la cantidad de accion trasmitida á la rueda es teóricamente igual á la cantidad de accion representada por la caida de agua que la hace mover, de modo que esta rueda es todo lo ventajosa posible.

Principio general para el establecimiento de las ruedas hidráulicas.

360 Antes de pasar adelante, debemos observar que el valor hallado en el párrafo precedente para la velocidad correspondiente al *máximo* efecto, podría obtenerse de un modo mas simple. Se ve efectivamente, que si el agua, en el instante en que deja la rueda, no tuviese ninguna fuerza viva, ó si su velocidad fuese nula, la cantidad de accion Pv representada por la elevacion del peso sería necesariamente igual á la cantidad MgH representada por la caida del agua. Pero esta condicion se hallaría satisfecha, si la direccion del movimiento del agua en el punto D fuese horizontal, ó si se tuviese sen. $b=1$, y si la velocidad absoluta del agua en este punto, en el sen_

* Por la regla dada (§ 564 II T. E.) Esta cuestion es complicada, y deberá ejecutarla el que desée adquirir destreza en el cálculo.

tido horizontal, fuese nula, circunstancia espresada por la ecuacion $\sqrt{2gH-2\,v\ \text{sen.}\ a\sqrt{2gh}+v^2}-v=0$ (78), que pasando la v al segundo miembro, quitando el radical, simplificando y despejando v, se tiene $v=\frac{gH}{\text{sen.}\ a\sqrt{2gh}}$ (79), como se ha encontrado arriba.

Esta advertencia parece muy propia para indicar el órden con que las ruedas de este género deben estar dispuestas, manifestando que no se trata jamas sinó de arreglar el movimiento, de modo que el agua abandone á la rueda con una velocidad nula, y deje en ella por consiguiente toda la fuerza viva que hubiese podido adquirir corriendo libremente la altura de su caida.

Aplicacion de la teoría precedente á la práctica.

361 La teoría supone esencialmente que el agua, al entrar en la rueda en C, no sufre ningun choque. Esta condicion quedará satisfecha, dando á la tangente de la curva de la paleta en C, la direccion del movimiento del agua en el instante en que principia á correr á lo largo de la paleta. Representando por BC la velocidad $\sqrt{2gh}$ del agua cuando llega á C, y por BF la velocidad v de la rueda, la línea FC representará en magnitud y en direccion la velocidad con que el agua principia á correr en la rueda, y por consiguiente el primer elemento de la curva de la paleta en C deberá estar en la direccion de esta línea. La curvatura de esta paleta es por otra parte indiferente, con tal que no ofrezca garrotes, y que la direccion de la tangente en el punto estremo D sea lo mas horizontal que se pueda sin entorpecer el desprendimiento del agua.

Será siempre conveniente dar á la vena de agua y á las paletas poco ancho en el sentido del radio de la rueda, como la figura indica; porque, como la velocidad de rotacion no es la misma para los puntos diferentemente remotos del eje, no hay jamas sinó un punto de la paleta que pueda tener la velocidad capaz de dar el *máximo* efecto. Si se tuviese una gran cantidad de agua, se le podría hacer llegar por muchos tubos ó canales inclinados, distribuidos en el contorno de la rueda en planos verticales tangentes á su circunferencia. Se podría tambien como lo ha propuesto *Euler* (*Academ. de Berlin*, año de 1754) recibir el agua en un depósito cilíndrico de un diámetro igual al de la rueda, colocado verticalmente sobre ella, á través del cual el eje de esta rueda pasase, y

de donde el agua se escapase por un gran número de conductos inclinados, distribuidos en la circunferencia del tambor. Sería necesario que la entrada de estos conductos fuese embudada. Una disposicion simétrica con relacion al eje de los conductos que suministran el agua á la rueda, tendrá la ventaja de que el esfuerzo del motor no causará sobre los puntos de apoyo del eje ninguna presion lateral. Si el esfuerzo de la resistencia debiese causar una, se podría combinar la posicion de los conductos, de modo que esta presion fuese destruida por el esfuerzo del motor.

362 En cuanto al grado de ventaja que estas ruedas pueden presentar en la práctica, no se han hecho las observaciones necesarias para comprobarlo. *Bordá* las cree susceptibles de trasmitir cerca de los $\frac{3}{4}$ de la cantidad de accion representada por la caida del agua que las hace mover (*Ac. de Cien.* 1762). Esta estimacion parece corta, y es de presumir que dando á estas ruedas mas altura de la que se acostumbra, con el objeto de que el agua tenga el tiempo suficiente para perder, resbalando á lo largo de las paletas, toda su velocidad vertical, y adoptando el modo de darles el agua que se acaba de indicar, se deben esperar al ménos los $\frac{4}{5}$ de la cantidad de accion gastada. Así, para establecerlas, despues de haber fijado la altura h que el agua deberá correr, ántes de entrar en la rueda, la inclinacion a de la vena de agua, y la velocidad v de rotacion, en virtud de las circunstancias particulares á la máquina que se quiere construir, y de modo que se satisfaga la relacion

$v=\dfrac{gH}{\text{sen. } a\sqrt{2gh}}$ (80), se tendrá para espresar la cantidad de accion trasmitida en un segundo $E=Pv=\frac{4}{5}\ Mg.\ H$ quint.×pies (81); ó llamando Q el volúmen de agua gastada en un segundo, espresado en pies cúbicos, lo que da:

$47\ Q$ libras$=Mg$, $E=Pv=\frac{4}{5}.\ 47\ Q.\ H=37{,}2\ Q.$ l.s×p. (82). El esfuerzo ejercido á una distancia del eje igual á la del medio de las paletas, será $P=\frac{4}{5}.\ 47\ \dfrac{Q}{v}.\ H=37{,}2\ \dfrac{Q}{v}.\ H$ libras (83).

363 *Mr. Navier* examina la cuestion de si conviene que el agua entre en estas ruedas mas cerca ó mas léjos del eje; y despues del mas rigoroso exámen, resulta que *ya se haga salir el agua mas léjos ó mas cerca del eje de rotacion, respecto de lo que ella ha entrado, la fuerza centrífuga no muda en nada los efectos*; que-

dando compensado el aumento ó la diminucion, que ella causa en la velocidad del agua, exactamente por la velocidad mayor ó menor del punto de la rueda por donde el agua se escapa. Así, haciendo variar la distancia de este punto, nada se pierde ni se gana sobre la cantidad de trabajo que la rueda puede producir.

De la rueda de reaccion.

364 Cuando el agua entra en la rueda cerca del eje de rotacion, y se aleja de él á medida que baja, la máquina es análoga á la designada comunmente bajo el nombre de *rueda de reaccion*, y cuya primera idéa se debe al parecer, al Dr. *Barker*, y se ha publicado en 1744 en el t. 2.º del *Curso de Física Esperimental de Desaguliers*: á la verdad, bajo un título y en términos que segun *Mr. Navier* pág. 456 de *Belidor*, «darían lugar á creer que el inventor y el Autor no tenían ninguna inteligencia de la naturaleza de esta máquina. Poco despues, *Mr. Seguer* la propuso de nuevo en sus *Exercitationes hidráulicæ*, y *Euler* hizo el objeto de muchas memorias (*Ac. de Berlin* 1750, 1751, y 1754). J. A. *Euler* se ha ocupado tambien en esta materia (*Com. de Gotinga* 1775), así como *Bossut* en su Hidrodinámica. *MMrs. Mathon* de la *Cour* (*Diario de Física*, 1775) y *Waring* (*Transacciones filosóficas de la sociedad americana* t. 3.º) han dado teorías enteramente inexactas, de las cuales la última ha sido adoptada por *Mr. Gregory* (en su Tratado de Mecánica). Esta máquina se puede considerar en dos hipótesis diferentes, cuya diversidad es en parte la causa de la poca conformidad de los resultados á que los Sabios han llegado sobre este punto. En efecto, se puede suponer que el agua entra en la rueda con una velocidad adquirida, y corre en ella libremente entre tabiques ó separaciones, ó en tubos curvos: en este caso, la teoría que le conviene es la precedente; es decir, 1.º que la relacion entre la altura H de la caida, la altura h que el agua ha corrido, ántes de entrar en la rueda, el ángulo a bajo el cual la vena de agua debe ser dirigida á su entrada en la rueda, y la velocidad de rotacion v del punto de la rueda donde el agua entra en ella, está espresada, en el caso del *máximo*, por la ecuacion $v=\dfrac{gH}{\text{sen. } a\sqrt{2gh}}$ (84); y 2.º que el límite teórico de este *máximo* efecto, es la misma cantidad de accion representada por la caida del agua. A esta disposicion se refiere la tercera memoria de *Euler*, quien obtiene en ella un resultado semejante.

365 Se puede admitir, despues, que el agua entra en la rueda con una velocidad muy pequeña, y se acumula allí como en un vaso, y sale por la parte inferior por orificios muy pequeños, de modo que la velocidad relativa del agua, en la rueda, es muy pequeña con respecto á la velocidad con que sale por los orificios. Esta última hipótesis se aproximará mas á la disposicion propuesta originariamente por el *Dr. Barker*, adoptada hace pocos años por *Mr. Manoury Dectot*, y á la cual se refieren las dos primeras memorias de *Euler*.

366 Para adaptar á esta última hipótesis los resultados anteriores, es necesario suponer que la velocidad adquirida por el agua, en el instante en que entra en la rueda, es sumamente pequeña; ó que la altura en la rueda es igual á la de la caida. Esta suposicion da $\sqrt{2gh}=0$, y conduce á un valor infinito para la velocidad v de rotacion; de donde resulta que aquí el *máximo* efecto se verifica cuando la velocidad de rotacion es sumamente grande. Este resultado es independiente de las distancias del eje á que el agua entra y sale de la rueda, y la magnitud de estas dos distancias es absolutamente indiferente al efecto obtenido, con tal sin embargo que la última no sea sumamente pequeñá.

367 Se puede llegar directamente al mismo resultado del modo siguiente. Si no hay choque á la entrada del agua en la rueda, y las secciones de los tubos que el agua corre en ella son muy grandes con relacion al área de los orificios, la velocidad del paso á estos orificios, permaneciendo inmóvil la rueda, estará espresada por $\sqrt{2gH}$. Pero cuando la rueda gire, la fuerza centrífuga aumenta, en el parage en que están colocados estos orificios, la presion que proviene del peso del fluido, el valor de una cantidad debida á la misma altura que la velocidad v. La presion que se verificará contra los orificios, cuando la rueda esté en movimiento, será pues debida á la altura $H+\frac{v^2}{2g}$; de modo que la velocidad del paso será entónces $\sqrt{2gH+v^2}$. Mas, puesto que el movimiento de la rueda lleva el agua en sentido contrario con la velocidad v, la velocidad absoluta del agua, en el instante en que se escapa, es $\sqrt{2gH+v^2}-v$. Esta cantidad no puede pues ser nula

sinó suponiendo v^2 infinita con relacion á $2gH$: tal es pues la condicion necesaria para obtener el *máximo* efecto.

Aplicacion de la rueda de reaccion á la práctica.

368 Se ve, por lo que precede, que hay teóricamente desventaja en retener el agua estancada en la rueda, en lugar de dejarla descender libremente. Pero no se debe inferir que esto pueda influir mucho en la práctica sobre los resultados, sinó en el caso en que la caida sea muy grande. En efecto, llamémos n la relacion de la velocidad de rotacion v de los orificios á la velocidad $\sqrt{2gH}$ debida á la caida; la espresion $\sqrt{2gH+v^2}-v$ de la velocidad absoluta del agua, en el instante en que sale de la rueda, vendrá á ser $\sqrt{2gH}\left(\sqrt{1+n^2}-n\right)$; y por consiguiente la fuerza viva que llevará consigo, que no será trasmitida á la rueda, será $M.2gH\left(\sqrt{1+n^2}-n\right)^2$; y si se quisiese, por ejemplo, que esta fuerza viva fuese solamente el $\frac{1}{10}$ de la de $M.2gH$ representada por la caida del agua, se haría $\left(\sqrt{1+n^2}-n\right)^2=\frac{1}{10}$, de donde $n=1{,}42$. Basta pues, que la velocidad de los orificios esceda cerca de vez y media á la debida á la caida, para que haya ménos de $\frac{1}{10}$ de pérdida sobre la cantidad de accion teórica representada por la caida del agua. Supongamos que la rueda deba hacer una vuelta por segundo, lo que es sobre poco mas ó ménos la velocidad conveniente para los molinos de trigo, cuyas piedras son grandes, y que la distancia de los orificios al eje sea de unos siete pies. Su velocidad será entónces toda la circunferencia de la rueda que es (§ 505 cor. I. T. E.) $2.3{,}14159.7$ pies$=44$ pies; y la debida á la caida debería ser $\frac{44}{1{,}42}=39{,}86$, que corresponde, si nos suponenos en Madrid, á una caida de $22{,}63$ pies. Para todas las caidas inferiores á esta, la pérdida de cantidad de accion será ménos de $\frac{1}{10}$, y sería menor aun si el radio de la rueda escediese á 7 pies, y si hiciese mas de una vuelta por segundo. Se ve, pues, que la rueda de reaccion se puede emplear con orificios de paso muy pequeños, en límites bastante estensos, sin que la pérdida que resulte de ello teóricamente venga á ser mas considerable.

Disposicion que se debe dar á la rueda de reaccion.

369 Se ha dispuesto esta rueda de diversas maneras. En virtud de la descripcion de *Desaguliers*, citada ántes, y los modelos que se encuentran ordinariamente de ella en los gabinetes de Física, consiste en un tubo vertical, á través del cual pasa el eje, y cuya altura es casi igual á la de la caida; el agua se derrama en este tubo por su estremo superior, y se reune en su estremo inferior con dos ó mas tubos horizontales, en los estremos de los cuales se hallan los orificios de paso, que se deben colocar de modo que el agua salga de ellos horizontalmente y en sentido contrario del movimiento de rotacion. Esta disposicion presenta algunos inconvenientes, y es sobre todo difícil de evitar el que haya choques en el instante en que el agua entra en el tubo vertical. *Mr. Mathon* de la *Cour* ha descrito otro en el *diario de Física* correspondiente á 1775, que difiere poco de la adoptada por *Mr. Manoury Dectot* en los molinos que ha hecho construir, y de que hay un modelo en el Conservatorio de Artes y Oficios de París. Se disminuirá la resistencia del aire al movimiento de los tubos, encerrándolos en un tambor cilíndrico. No es necesario hacer por otra parte la rueda muy ligera, porque es ventajoso el que pueda ejercer la funcion de un volante.

Establecimiento de la rueda de reaccion.

370 No se tienen observaciones adecuadas para hacer juzgar con precision del grado de ventaja que esta máquina puede ofrecer en la práctica. Depende mucho de su construccion, y de la relacion entre la superficie de los orificios y el grueso de los tubos por donde corre el agua. Si estos orificios son muy pequeños, de modo que el agua tenga muy poca velocidad en los tubos, y si estos no presentan codos repentinos, la cantidad de accion trasmitida debe diferir muy poco de la cantidad de accion teórica, haciendo abstraccion de los rozamientos y de la resistencia del aire. Para establecer esta rueda, se notará que la fuerza viva del agua, en el instante que abandona á la rueda, es $M(\sqrt{2gH+v^2}-v)^2$, y la fuerza viva que ella habría adquirido, si hubiese caido libremente, es $M.2gH$; la fuerza viva teórica trasmitida á la rueda, que es la diferencia de estas dos cantidades, será $2M(\sqrt{2gH+v^2}-v)v$. La cantidad de accion trasmitida, que siempre representamos por E, ó por Pv es la mitad de la fuerza viva: luego se tiene teóricamente $E=Pv=M(\sqrt{2gH+v^2}-v)v$ (85), lo que no es otra cosa que la (ec. 75), haciendo en ella $\sqrt{2gh}=0$. Si se representa ahora por Q

el volúmen ó gasto de agua en un segundo, lo que da $Mg=47Q$ libras españolas, y suponemos que la cantidad de accion trasmitida en un segundo sea únicamente los $\frac{4}{5}$ de la cantidad de accion teórica, se tendrá para la fórmula que se debe emplear en las aplicaciones

$$E=Pv=\frac{4}{5}.\frac{47}{g}Q\,(\sqrt{2gH+v^2}-v)v=37,6\frac{Q}{g}(\sqrt{2gH+v^2}-v)v\text{lib.}\times\text{pies}\,(86),$$

El esfuerzo ejercido á una distancia del eje, igual á la de los orificios de paso, será $P=37,6Q(\sqrt{2gH+v^2}-v)$ libr. (87).

Se procurará siempre dar á la rueda la mayor velocidad posible con relacion al uso á que se destine.

De la velocidad de la rueda de reaccion cuando no lleva ningun peso.

371 Se puede notar, que si en la (ec. 85) que espresa la relacion teórica existente entre el esfuerzo P ejercido en la circunferencia de la rueda y la velocidad v que la accion del fluido le hace tomar, se supone $P=0$, se tendrá $\sqrt{2gH+v^2}-v=0$ (88); ó $\sqrt{2gH+v^2}=v$; que elevando al cuadrado, se tiene $2gH+v^2=v^2$, y como H y g son cantidades finitas y determinadas, para que el término $2gH$ no aumente el valor de v^2 del primer miembro, y sea igual con el segundo, será indispensable (§ 479 II T. E.) que v sea infinita. De aquí se infiere que cuando no se ejerce ningun esfuerzo sobre la rueda, la accion del fluido propende á hacerle tomar una velocidad infinita.

372 Se podrían disponer tambien ruedas hidráulicas por otras combinaciones de los principios antecedentes; tales como la *Danaida*, las *Turbines &c*, y aun el que la rosca de Arquimedes se acomodase para ejercer el mismo efecto que las ruedas hidráulicas. Pero, ademas de que todavía no están suficientemente demostradas sus ventajas, los inconvenientes que se hallan en su construccion, conservacion y reparacion, las hacen en mi concepto sumamente inferiores á las otras; por lo que no nos detendrémos en esto: mayormente cuando en nuestro concepto, las ruedas que entre todas son preferibles, se reducen á tres: *la rueda de paletas curvas movidas par debajo*, para cuando no hay salto en la corriente; las *ruedas de sobre-lado* para cuando le hay; y las *ruedas de reaccion*, de que acabamos de tratar, para producir el movimiento de rotacion directo en el plano

horizontal. Por todo lo cual, terminarémos esta seccion dando á conocer los *medios de mantener la uniformidad del movimiento en los ingenios, movidos por una caida de agua; ó aplicacion del péndulo cónico empleado para regularizar el movimiento de las piedras de molino ó de cualquier otro trabajo industrial.*

373 El establecimiento de un molino de trigo raras veces requiere el empléo de los volantes, porque las piedras que giran son por sí mismas bastante pesadas, y vienen á producir el efecto de estos. Mas, como se ha notado (161), los volantes adecuados para remediar las intermitencias que hay en las acciones de la fuerza motriz ó de la resistencia, no pueden prevenir una aceleracion progresiva de la velocidad, procedente de un aumento continuo en la accion del motor ó de una diminucion en la de la resistencia. Es necesario recurrir para esto á los reguladores, tales como los formados por medio del péndulo cónico que hemos descrito (162); por lo que nos vamos á ocupar del *péndulo cónico empleado en arreglar el paso del agua.*

374 Esta aplicacion se conoce en Inglaterra bajo el nombre de *gobernador de las ruedas de agua* (*water wheel governor*). Tiene por objeto hacer bajar ó alzar la compuerta que suministra el agua á la rueda, cuando la velocidad de la máquina viene á ser demasiado grande ó demasiado pequeña. *Mr. Robertson Buchanan* (*Practical essais on mills work*, ess. 5) ha descrito diversas disposiciones empleadas para este género de gobernador, y vamos á referir aquí una de las mas simples. El péndulo cónico *EFHG* (fig. 80 lám. 6) recibe de la rueda de agua un movimiento de rotacion continuo por medio de la rueda ó poléa *I*; este movimiento se trasmite por medio del engranage *OPRSM* al árbol ó flecha *MN*. La rueda *N* puede engranar en dos ruedas de ángulo *T* y *U*, y las hace mover en direcciones opuestas: las espresadas ruedas no engranan en el árbol cuando la máquina marcha con su propia ó regular velocidad. Pero si la máquina se mueve mas deprisa ó mas despacio, la una de estas ruedas, por medio de una horquilla ó tenedor *q*, hace girar al eje *d*, y por medio de dos ruedas de ángulo, se comunica el movimiento al árbol oblicuo *BW*; el cual por medio de la rosca sin fin *X*, y el cuadrante dentado *V*, abre ó cierra la compuerta para que suministre nada mas que el agua necesaria.

Estos gobernadores ó reguladores de las ruedas de agua son particularmente útiles y necesarios en los ingenios, que sirven para las fábricas de hilados, en que las variaciones de velocidad presentan graves inconvenientes.

CAPITULO III.

Determinacion de la cantidad de agua, que cayendo de una cierta altura, se necesita emplear como potencia motriz, para obtener los diversos trabajos industriales de las Artes, Fábricas, &c.; é indicaciones generales acerca de los medios que se deberán emplear para que los Españoles saquen el mejor partido posible de sus producciones de granos, aceites, vinos, lanas y sedas.

375 Una de las principales máximas, que me ha servido de norma en todas las operaciones de mi vida, es aquella sentencia tan célebre, de que *nisi utile est quod agimus, stulta est gloria.* Por esta causa, en cuantas obras tengo publicadas, cualquiera que sea su naturaleza, he procurado insertar el mayor número de aplicaciones prácticas, compatibles con su objeto, y con el estado de adelantamientos en que se hallaban las Ciencias al tiempo de su publicacion. Así es, que muy desde los principios de mi carrera, eché de ver, que faltaba una obra en que se hallasen reunidos los principales resultados útiles y necesarios en todo género de construcciones, en las artes y en todas las investigaciones industriales; y principié á reunir datos sobre tan interesante materia. Cuando compuse mi *Compendio de Mecánica práctica*, inserté en él lo que hasta dicha época tenía recolectado; no satisfecho con esto, seguía reuniendo mayor copia de materiales, y datos útiles en las aplicaciones, segun espreso en la pág. III del Prólogo del tomo. 3.° parte 1.ª de mi *Tratado elemental de Matemáticas*, que contiene la *Mecánica*: desde cuya época, no he perdido momento, ni coyuntura para tomar noticias, en todos los parages de mi permanencia y tránsito, así en España como fuera.

376 Leido con atencion lo que llevamos traducido é insertado de la obra de *Mr. Christiam*, se verá que este apreciable Autor confiesa que no se tienen suficientes datos; y el que, á falta de ellos, propone en la tercera cuestion que insertamos (§§ 91 y siguientes), otros medios supletorios, útiles á la verdad, pero que distan mucho de satisfacer á las necesidades de la práctica. Por lo cual, resulta comprobada la utilidad de llevar á cabo el trabajo que yo tenía emprendido, y de que hablo en el parage que acabo de citar. Mis diligencias han sido tan eficaces, durante mi permanencia en pais estrangero, que como, al pedir noticias á los Sábios, á los Ar-

tistas, á los Fabricantes, &c., era necesario, para no introducir desconfianzas, manifestar uno el objeto de sus preguntas, que al fin se dirigían á examinar los hechos, que se verificaban en sus establecimientos, en sus talleres, ó en sus investigaciones científicas ó industriales, de tal modo se convencieron de mis razones, acerca de la necesidad de reunir este género de datos, que, divulgada y estendida esta necesidad, reconocida como urgente, existen ya reunidos bajo un golpe de vista gran número de datos de esta especie, en las tablas, que desde la página 253 á la 262 de una obra publicada en París, poco despues de mi salida de dicha Capital, intitulada: *Del cálculo del efecto de las máquinas, ó consideraciones sobre el empléo de los motores, y sobre su valuacion, para servir de introduccion al estudio especial de las máquinas, por Mr. Coriolis, Ingeniero de Puentes y Calzadas.*

377 Aunque bajo cierto aspecto parece que me debería ser sensible el que mis vicisitudes hayan originado, que siendo yo el primero que me haya propuesto poner en ejecucion este pensamiento, no haya sido el primero en publicarlo; sin embargo, como mi principal mira es ser útil á mis semejantes, y con particularidad á mis compatriotas, léjos de causarme sentimiento, el que *Mr. Coriolis* se haya anticipado, en lo material de la impresion, me sirve de una gran complacencia, por las razones siguientes: 1.ª Puesto que consta por mis escritos anteriores, que yo he principiado á ejecutar esta idéa, y que continuaba ocupándome en ella, no se me puede negar la originalidad del pensamiento y la prioridad en haber comenzado á realizarle; 2.ª Como lo que yo deséo es reunir el mayor número de datos, incluyendo en mi obra los que pone *Mr. Coriolis*, que tienen conexion con mi objeto, y añadiendo yo los mios, que no se hallan en dicho Autor, saldrá mas completa mi obra en esta parte, aunque no podemos ni debemos dejar de repetir que, en el estado actual, no puede ménos de ser sumamente incompleta é imperfecta; 3.ª Como yo tengo dada toda la importancia que se merece al *Cálculo Infinitesimal*, en la segunda edicion del tomo 2.° parte 2.ª de mi Tratado Elemental de Matemáticas, manifestando su influjo en los adelantamientos de la Mecánica, y aun en las aplicaciones que parecen mas sencillas, me sirve de satisfaccion, y comprueba cuanto tengo espresado en el Prólogo de dicha edicion, el que *Mr. Coriolis*, en su obra, que se destina á servir de introduccion al estudio de las máquinas, todo lo trate por el *Cálculo Infinitesimal*, y haciendo uso de la indicacion de las *integrales*

determinadas, que yo he insertado por primera vez en las obras elementales.

378 A pesar de esto, yo juzgo preferible el método que sigo en esta obra, de ponerlo todo en términos que, aunque fundada en gran parte la doctrina en los resultados del mencionado cálculo, podamos ser comprendidos aun por los que no poséan conocimientos tan elevados.

379 Como el objeto de este capítulo es tan vasto, pues que abraza implícitamente las principales aplicaciones de la industria, lo divido en seis secciones; la primera comprende cuanto hemos podido recolectar acerca de la cantidad de accion que se necesita para los principales usos de la sociedad y trabajos industriales, valuada en la elevacion de quintales españoles levantados á 1 pie de altura, y en pies cúbicos españoles de agua elevados tambien á un pie de altura; y cada una de las otras cinco secciones, la destino para reunir cuantas noticias y medios parecen conducentes para que los Españoles saquen mejor partido de sus cinco principales producciones, á saber: granos, aceites, vinos, lanas y sedas.

SECCION PRIMERA.

Recapitulacion de cuantos resultados se conocen acerca de la cantidad de accion ó fuerza que exigen los principales trabajos de las Artes, Fábricas, manufacturas &c., valuados en quintales españoles y pies cúbicos españoles de agua, elevados á un pie español de altura, ó que bajan de un pie español de altura.

380 Debemos advertir que, *para elevar un quintal español á un pie de altura*, es necesario, por lo dicho (124) *el mismo esfuerzo que ejercería un quintal español, bajando de un pie de altura*; y que por lo mismo el esfuerzo que se necesita para elevar un pie cúbico de agua á un pie de altura, es el mismo que puede ejercer el espresado pie cúbico bajando de un pie de altura. Entendido esto, principiarémos por valuar tanto en quintales como en pies cúbicos de agua, que suben ó bajan de un pie español de altura, la unidad que *Mr. Coriolis* designa bajo el nombre de *dinamode*; que equivale *á elevar* 1000 *quilógramas á un metro de altura.* Para determinar á cuantos quintales españoles elevados á 1 pie español de altura, equivale el *dinamode*, observarémos que

teniendo la quilógrama 2,173474 libras españolas *, el *dinamode* equivaldrá á 2173,474 libras españolas elevadas á 1 metro de altura, ó á 21,73474 quintales españoles elevados á un metro de altura; y como un metro equivale á 3,588922 pies españoles, resulta que el dinamode equivale á elevar 21,73474 quintales españoles á la altura de 3,588922 pies españoles, ó á elevar 78,00428655 quintales españoles á 1 pie español de altura, que tomarémos por valor bastantemente aproximado 78 quintales. De donde se infiere que *para reducir dinamodes á quintales españoles elevados á 1 pie español de altura, no hay mas que practicar la regla siguiente: multiplíquese el número de dinamodes, que se da, por el número 78; y el producto espresará en quintales españoles elevados á 1 pie español, la equivalencia del número de dinamodes que se daba.*

381 Para averiguar ahora directamente á cuantos pies cúbicos españoles de agua elevados á 1 pie español, equivale el dinamode, observarémos que el pie cúbico español de agua, segun lo espuesto (§ 241 Mec. Práct.), á la temperatura media y presion media de España se puede reputar que pesa unas 47 libras españolas, ó lo que es lo mismo 0,47 de quintal; luego un quintal, bajando ó subiendo de un pie español de altura, equivale á $\frac{1}{0,47}=2,127659$ pies cúbicos españoles de agua elevados á 1 pie; ó que bajan de 1 pie español de altura; y como el *dinamode* equivale á 78,00428655 quintales elevados á 1 pie, resulta que el dinamode equivaldrá á elevar 165,96652 pies cúbicos españoles de agua á 1 pie de altura, que podrémos tomar por valor suficientemente aproximado 166 pies cúbicos españoles de agua elevados á 1 pie de altura.

Luego, para reducir directamente los dinamodes á pies cúbicos españoles de agua elevados á 1 pie español, podemos establecer la regla siguiente: *multiplíquese el número de dinamodes, que se dan, por el número 166; y el producto espresará el valor del número de dinamodes dado, en pies cúbicos españoles de agua elevados á 1 pie español de altura.*

Entendido esto, la tabla que vamos á poner, contiene los resultados mas interesantes, que aunque no pueden ménos de distar mucho de la exactitud que desearíamos, sin embargo, es muy ventajoso su conocimiento, aunque no sea mas que como tipo de los trabajos que se deben emprender en lo sucesivo.

* V. las tablas de la pag. 264 del tomo 4.° de las cartas de Euler, ó el (§ 153 I. T. E.)

TABLA *que contiene la* cantidad de trabajo dinámico, *ó sea* la cantidad de accion ó de fuerza *que se necesita para producir diversos efectos útiles*, *espresada en* quintales españoles *elevados á* 1 *pie español de altura*, *ó que descienden de* 1 *pie español de altura*; *y en* pies cúbicos *de agua elevados á* 1 *pie español de altura ó que bajan de* 1 *pie español de altura*.

Numeros.	Naturaleza y cantidad de efecto que se debe producir.	Sobre qué parte de la máquina se valúa el trabajo motor, ó cantidad de accion empleada por la potencia.	Trabajo dinámico, ó cantidad de accion espresada en quintales españoles elevados á 1 pie español de altura, ó en quintales españoles que descienden de 1 pie español de altura.	Trabajo dinámico, ó cantidad de accion espresada en pies cúbicos españoles de agua elevados á 1 pie español de altura, ó que descienden de 1 pie español de altura.	Indicaciones de los Observadores, ó de los Autores que han citado los resultados. *Advertencias particulares.*
	Objetos correspondientes á la economía rural.				
1	Una fanega española de trigo necesita para molerse de una sola vez, ó lo que los Franceses llaman *à la grosse*, en un molino de viento.	Sobre el árbol de las alas del molino.	13 050	27 773	Valor deducido con presencia de lo que suministra la teoría rectificada por los esperimentos de *Coulomb*.
2	Una fanega española de trigo necesita para molerse de una sola vez en un molino comun, cuyo motor es el agua. .	Trabajo resistente sobre el árbol que lleva la muela que gira llamada *corredera*.	18 166	38 661	Valor que hemos deducido en los términos que se espresa (§ 403) de este mismo libro.
3	Una fanega española de trigo necesita para molerse de una sola vez en un molino comun, cuyo motor es el agua. .	Trabajo resistente sobre el árbol de la rueda hidráulica.	26 490	56 376	Valor deducido con presencia de las observaciones de Mr. *Hachette* en los molinos de Corbeil.
4	Una fanega española de trigo nece-	Trabajo resistente sobre			Valor deducido del calculado apro-

Sigue la tabla.

	sita para molerse y remolerse en un molino comun, cuyo motor es el agua. .	el árbol de la muela.	27 227	57 945	ximativamente por Mr. *Navier*, suponiendo que exige la mitad mas de trabajo que para la molienda de una sola vez. Este modo lo designan los Franceses bajo el nombre de *molienda económica*.
5	Una fanega española de trigo necesitará para molerse por el sistema ingles en molinos movidos por máquinas de vapor.	Trabajo resistente sobre el árbol del volante.	35 010	74 508	Valor deducido por término medio entre el presentado por MM. *Cazeles* y *Cordier*, constructores de máquinas en San Quintin, y una observacion de Mr. *Farey*.
6	Una fanega española de trigo necesitará en un molino movido por una caida de agua por medio de una rueda de cajones. . . .	Trabajo motor debido á la caida del agua desde el nivel del trámite superior al nivel del inferior.	44 309	94 299	Valor deducido por término medio entre dos observaciones de Mr. *Mallet*, la una en Pontoise y la otra en Vast.
7	Para trillar y aventar una fanega española de trigo por la máquina que hay en Inglaterra, se necesitarán.	Trabajo resistente sobre el árbol de la primera rueda motriz.	1 734	3 690	Valor deducido de las observaciones de Mr. *Fenwik*, citado por Mr. *Navier*.
8	Para trillar la cantidad de mies correspondiente á una fanega española de trigo, por el método ordinario que se emplea en España de la trilla plana con cuchillas de fierro ó con piedrecitas delgadas.	Esfuerzo que hacen las caballerías tirando de la trilla.	578	1 230	Valor deducido aproximativamente por varias observaciones y noticias que yo he podido adquirir.

Sigue la tabla.

9	Para la misma cantidad de trigo por el nuevo trillo que yo tengo escogitado, y que doy á conocer (§§ 385 y 386) de este mismo libro. .	Esfuerzo que hacen las caballerías tirando del trillo.	445	923	Valor deducido aproximativamente en virtud de la doctrina espuesta (§§ 385 y 386 de este mismo libro).
10	Para moler la aceituna y estraer una arroba española de aceite de olivo por los procedimientos ordinarios, teniendo en consideracion la fuerza que se necesita para moler la aceituna y esprimir la masa, se necesitará.	Trabajo resistente sobre el eje de la piedra y del husillo de la prensa ó viga.	6 000	12 766	Valor que yo he deducido por aproximacion, comparando los resultados obtenidos por *Coulomb* en los molinos de Lila, que yo he reconocido, sobre el aceite estraido de las semillas de col, nabo, &. con nuestros molinos y otros de Francia y Holanda.
11	Para moler la aceituna y esprimir la masa correspondiente á una arroba española de aceite por nuestro sistema (§§ 428 y 429 de este mismo libro) se necesitará.	Id.	4 000	8 510	Valor deducido aproximativamente (§ 429) de este mismo libro.
12	Para deshacer la uva y esprimir una arroba española de vino.	Id.	1 000	2 128	Valor deducido aproximativamente (§ 433) de este mismo libro.
	Aserrado de materiales.				
13	Para aserrar un pie cuadrado español de pinabete con una máquina de vapor.	Trabajo resistente sobre el árbol del volante.	2 601	5 542	Valor deducido de un resultado de Mr. *Clement*.

Sigue la tabla.

14	Para aserrar un pie cuadrado español de encina á brazo de hombres. . . .	Trabajo resistente sobre la sierra.	1 864	3 966	Valor deducido teniendo en consideracion otro de Mr. *Navier*.
15	Para aserrar un pie cuadrado español de encina, empleando una caida de agua, por medio de una rueda de paletas, se necesitarán.	Trabajo motor debido á la caida del agua.	5 593	11 903	Resultado deducido teniendo en consideracion otro de Mr. *Navier*.
16	Para aserrar un pie cuadrado español de roble ó álamo negro, se necesitará.	Trabajo resistente sobre la sierra.	2 731	5 813	Valor deducido del obtenido por Mr. *Coste*, en virtud de observaciones hechas en Metz.
17	Para aserrar un pie cuadrado español de mármol, por hombres, se necesitará.	Id.	12 790	27 219	Valor deducido en virtud de los datos de Mr. *Navier*.
18	Para aserrar un pie cuadrado español de granito, por medio de hombres, se necesitará. . . .	Id.	89 702	215 361	Id.
	Fabricacion de la casca.				
19	Para obtener un quintal español de casca, moliendo la corteza por medio de una máquina, se necesitará.	Trabajo resistente sobre el árbol de la primera rueda motriz.	20 204	42 997	Id.
	Fabricacion del papel.				
20	Para reducir á pasta un quintal español de cuerdas ó trapos viejos por la	Trabajo resistente sobre el árbol del volante.			Valor deducido de varias noticias que he podido adquirir, y observa-

Sigue la tabla.

	trituracion, con rodillos movidos por máquina, se necesitarán.		247 069	525 932	ciones que tengo hechas.
	Hilado del algodon.				
21	Para hilar una libra española de algodon que produzca un hilo de 66050 pies españoles de largo, y efectuar todas las preparaciones necesarias, haciendo uso de los (*mull-gennis*), se necesitará. .	Trabajo resistente sobre el árbol del volante de la máquina.	8 844	18 822	Valor deducido de observaciones de MM. *Clement* y *Benoist*.
22	Para pasar una libra española de algodon por las cardas, cilindros y canillas, cardando dos veces, se necesitará.	Id.	4 162	8 857	Id.
23	Para preparar una libra española de algodon se necesitarán.	Trabajo resistente sobre el árbol de la máquina.	830	1 767	Valor deducido en virtud de observaciones de Mr. *Mallet*.
	Hilado de la lana.				
24	Para cardar la lana que se necesita para la fabricacion de una libra española de hilo de estambre de 78382 pies españoles de largo, por una máquina de vapor, se necesitará.	Trabajo resistente sobre el árbol del volante de la máquina de vapor.	15 174	32 294	Valor deducido por término medio de los resultados de Mr. *Benoist*.
25	Para hilar una libra española de lana de hilo de trama, de modo que produzca una hebra de	Trabajo resistente sobre la primera rueda motriz de los			Id.

Sigue la tabla.

	72183 pies españoles de largo, se necesitará.	(*mull-gennis*).	737	1 569	
26	Para hilar una libra española de urdimbre, de modo que produzca un hilo de 72183 pies españoles de largo, se necesitará. . . .	Id.	997	2 122	Valor deducido aproximativamente en virtud de las noticias que he podido adquirir.
27	Para tejer una vara de paño regular, cuyo peso se podrá graduar, en poco mas de una libra, por medio de un telar mecánico, movido por el agua.	Esfuerzo que se ha de comunicar en la circunferencia de la rueda hidráulica.	235	500	Valor deducido, aunque con las incertidumbres que son propias de las primeras investigaciones, por datos adquiridos en Annonay y en Louviers, tomados de los primeros telares mecánicos que allí se establecieron.
28	Para preparar é hilar una libra de estambre por el procedimiento del peinado de la lana para los merinos . . .	Esfuerzo que se ha de comunicar en la circunferencia de la rueda hidráulica que sirve de motor.	12 690	27 000	Resultado que yo he deducido por datos que me suministró Mr. *Flint* constructor de los aparatos de peinar y preparar la lana para los merinos.
29	Para tejer una vara de merinos, cuyo ancho es vara y media, y cuyo peso se podrá graduar en en unas 6 onzas. . .	Id.	188	400	Id.
	Elaboracion y manufacturas de la seda.				
30	Para hilar una li-	Esfuerzo			Valor deducido.

Sigue la tabla.

	bra española de seda.	aplicado al eje ó cigüeña del aspa del torno en que se arrolla el hilo de seda que se va formando.	2 766	5 887	aunque con incertidumbres, por las noticias adquiridas en Lyon, Orange, Ile y Avignon, y por resultado de conferencias con Mr. *Gensoul.*
31	Para torcer una libra de seda que supondrémos por término medio que se tuerza á tres hilos.	Esfuerzo ejercido en los dientes del primer engranage, ó que está mas próximo á la rueda hidráulica.	922	1 962	Valor deducido, aunque con incertidumbres, de varias noticias tomadas en Avignon y Roquemaure.
32	Para tejer una libra de seda ya en raso, tafetan, sarga, &c..	Id.	307	654	Valor deducido, aunque con incertidumbres, por varias noticias tomadas en Lyon, y conferencias con el primer constructor de los telares mecánicos para la seda en dicha ciudad.
33	Para elaborar una libra de seda, ya en cordones, ya en trenzas, &c..	Esfuerzo ejercido en los dientes del primer engranage, ó que está mas próximo á la rueda hidráulica.	461	981	Valor deducido aunque con incertidumbres, por varias noticias adquiridas en St. Etienne y en St. Chamon cerca de Lyon.
34	Para tejer una libra de seda en cintas de cualquier especie, se necesita por término medio.	Id.	384	818	Valor deducido, aunque con incertidumbres, por varias noticias tomadas en las famosas fábricas de St. Etienne.

Sigue la tabla.

35	*Laminaje ó tirado del fierro en barras á la inglesa.* Para fabricar un quintal español de barras de fierro, de pulgada á pulgada y media de grueso se necesitará.	Trabajo resistente sobre la circunferencia de la rueda motriz de cilindros.	42 662	91 915	Valor deducido en virtud de un resultado de Mr. *Clement*, y de varias observaciones que yo tengo hechas en los hornos altos de Lieja y de *Terre noire* entre St. Etienne y Lyon.

Volvemos á repetir que, aunque todos estos resultados no son mas que meras aproximaciones, sin embargo, son de la mayor importancia: y se deberán reputar como un beneficio considerable para la prosperidad del Estado, las investigaciones que tengan por objeto comprobarlos, rectificarlos y estenderlos á otros trabajos industriales.

SECCION SEGUNDA.

Indicaciones generales acerca de los diversos medios que se deberán adoptar para que los Españoles puedan sacar mejor partido de su produccion de granos.

382 Se reconoce en el dia como verdadero entre un gran número de personas, el que *si en Castilla se suceden dos cosechas de granos muy abundantes, el labrador no medra, como parece debia resultar; y que si se verifican tres años muy abundantes, el labrador se pierde*; porque los gastos de labores y recoleccion esceden á los productos, á causa del bajo precio que toman los granos. Y como en esta obra nos proponemos asegurar las cosechas, y aumentar la produccion por el regadío y demas circunstancias que espresarémos en el libro octavo, acaso no faltará quien diga que este aumento de produccion es mas perjudicial que útil al labrador. Pero como al mismo tiempo esta obra se dirige á dar salida á los granos, aumentando los medios de comunicacion, ya cesa esta causa. Por otra parte, si proporcionamos el que se disminuyan los gastos que exigen las operaciones rurales, y los medios de dar á los granos la elaboracion de que son susceptibles, no se puede poner en duda que resultarán ventajas considerables á los Españoles. Por esta causa,

vamos á manifestar las mejoras que, en nuestro concepto, pueden recibir las operaciones de *trillar*, *aventar*, *aechar*, *moler y amasar*.

Mejoras que puede recibir el modo de trillar.

383 El trillar comprende todas las operaciones, que hay que practicar, para hacer salir el grano de las glumas ó envolturas que lo contienen en la espiga. *Don Antonio Sandalio de Arias* en la vigésima de sus lecciones, esplica esta operacion con aquella claridad y exactitud que le son características; y despues de dar una idéa de las diferentes máquinas que se han inventado en España para tan importante objeto, termina esta materia diciendo «¡ojalá que nuestros beneméritos artistas, los hombres celosos y amantes de la felicidad pública, y sobre todo aquellos que dedicados al estudio de las Ciencias exactas, consagran sus fatigas al bien general del Estado, nos dén algun dia mejorada &c. &c." Y como yo me glorío de ser su discípulo y consocio, de tal modo se me han fijado sus enérgicas palabras, que no puedo ménos de poner aquí el fruto de mis investigaciones sobre materia tan interesante.

En las provincias Septentrionales de España, en toda la Francia, y en parte de Inglaterra y Holanda, la operacion de trillar se efectúa sacudiendo las espigas con un látigo, á que se suele llamar *azote ó mallo*, y se compone de dos varas ó palos como de uno á dos dedos de grueso, y tres á cuatro pies de largo, unidos entre sí por una cuerda, segun está representado (fig. 81 lám. 7).

Este procedimiento viene á ser indispensable donde las espigas no pueden adquirir el competente grado de madurez y de sequedad. Los Holandeses ó Belgas parece haber sido los primeros que han intentado sustituir á la accion del hombre, un método artificial de mover los látigos ó mallos; de allí pasó á la Gran Bretaña, donde las diferentes partes de su mecanismo han sufrido gradualmente muchas modificaciones y mejoras que se hallan recapituladas en la *Enciclopedia* del Doctor Rees, artículo *Thrasing-machine.*

384 La interesante obra intitulada *Experienced mill wright* de *Mr. Gray* contiene los detalles de muchas máquinas para este mismo efecto, dispuestas para recibir la accion de diversos motores. Algunas se hallan aun colocadas, de modo que la accion de los caballos puede ayudar á la del agua ó á la del viento, ó reemplazarlo en caso necesario. De esta coleccion apreciable ha estraido *Mr. Navier* la descripcion de la máquina completa para limpiar el trigo, movida por una rueda de agua, que inserta pág. 560 de la *Arqui-*

tectura Hidráulica de Belidor, indicando que esta máquina probablemente llegará á ser un dia tan necesaria en Francia como lo son los molinos de trigo. *Mr. Fenwick* ha encontrado que por medio de esta máquina un caballo hace 20 veces mas efecto que un hombre; pero si se atiende á que, por el procedimiento de la máquina, se empléa solo la tercera parte de la accion que despliega el hombre; resulta que la máquina produce la doble ventaja de consumir ménos cantidad de fuerza, y de ser esta ménos cara.

La mayor parte de estas máquinas han reconocido al agua como potencia motriz; por lo cual, hablando de ellas, no salimos de nuestro objeto. Pero juzgamos que para nuestras provincias septentrionales, será mas conveniente el nuevo procedimiento para trillar inventado por *Don Juan Alvarez Guerra*, y del que se habla con el aprecio que corresponde en las citadas lecciones del Señor Arias.

385 En cuanto á los diferentes aparatos ó mecanismos para trillar, de que se ha usado en España, puede verse el contenido de la leccion XX de dicha obra; y despues de la mas profunda meditacion sobre este particular, me parece lo mas ventajoso, en el estado actual de los conocimientos humanos, el trillo que hemos escogitado, y que se representa (fig. 82 lám. 7). Consta, en su mayor sencillez, de tres especies de cubos de ruedas de coche ó carro con diferentes rayos ó radios colocados con un cierto órden, aunque es de todo punto arbitrario; y en los estremos de cada rayo hay varias cuchillas de fierro fundido ó forjado, que nos hemos fijado en que sean cuatro, y que tengan como una línea de grueso. Estas cuchillas deben colocarse de tal modo que unas tengan el filo ó corte en el sentido del movimiento, y otras en el sentido perpendicular. Estas tres especies de cubos deben rotar independientemente los unos de los otros, y entre ellos debe haber un cierto hueco, que será el menor posible, para colocar una cuchilla ú hoz *C*, que atraviese el eje, y al cual se pueda sujetar por travesaños, de modo que se pueda colocar mas ó ménos larga, segun el estado de la mies; y en cada uno de los estremos deberá haber otra cuchilla, hoz ó guadaña semejante. Tambien deben estar fijas á dichos estremos del eje de rotacion, unas cuerdas, barras ó cadenas que tiren de una trilla ordinaria, de estas que son planas por arriba, y que por debajo tienen cuchillas ó piedras silíceas embutidas en la misma madera de la trilla.

El número de estas partes, y hasta cierto punto su colocacion, es arbitrario y podría ser susceptible de muchas variaciones, produciendo siempre resultados ventajosos.

La esperiencia dará bien pronto á conocer la que puede ser mas conducente; y entretanto me parece que los cubos podrán tener cada uno un pie de largo; y los espacios que separan el que está en medio de los que ocupan los estremos, podrán ser de tres pulgadas: en términos, que la longitud de todo el trillo será de tres pies y medio. En cada cubo se podrán colocar tres órdenes de rayos, pero no en una misma direccion; el número de rayos podrá ser 12 en cada una de las tres circunferencias, y su longitud como de dos pies.

Podría disponerse de modo que tuviese un pescante para que fuese el hombre que maneja las caballerías, tal como se presenta en *A*, estribando la lanza á la manera de los carros llamados vulgarmente *de violin*; ó que el hombre vaya sobre la trilla ordinaria como se representa en *B*: en cuyo caso, para que el trillo tenga la presion necesaria, en cada lado se pondrán pesos en unos platillos que cuelguen á los estremos del eje, pudiéndose componer estos pesos de piedras, tierra &c., hasta la cantidad que convenga en cada circunstancia. Podría tambien ponerse otro aparato como juego delantero, pero de modo que los rayos de este se hallasen en frente de las hoces, guadañas ó cuchillas del otro, y *vice-versa*.

El movimiento del juego delantero, que indicamos en la figura, es análogo al de los coches, pero sin tanta complicacion; para cuyo efecto se practicará lo siguiente: en las piezas contiguas á la rueda de en medio, se pondrán dos barrotes perpendiculares, que tengan mayor tamaño que el diámetro de la rueda; sobre este último cargarán las cigüeñas que vendrán del eje trasero, y con una clavija pasará los dos barrotes, y de este modo se comunicará el movimiento. En este caso, podrían muy bien sustituirse los bueyes ó las vacas á las demas caballerías mayores *; bien que aquí no tanto se necesita la fuerza como la velocidad y rapidez en los movimientos. Todas las partes, de que consta este nuevo trillo, están espresadas en la lám. 8.ª La (fig. 82) representa el alzado del trillo visto de costado. La (fig. 83), su planta y alzado visto por el testero, al marchar: las líneas punteadas espresan la parte agregada y *A*, *A*, *A*

---

* En el tomo 4.º del Herrera, edicion de la Real Sociedad Económica, pág. 219, diálogo segundo de Juan de Arrieta, se atribuye en parte la perdicion de nuestra Agricultura á no trillar con bueyes, y en el mismo tomo pág. 276, se dice: "y si trillasen con bueyes, como solía toda España y hoy en Estremadura y otras partes, sería bueno pasadas dos horas poner encima del trillo diez ó doce arrobas de peso, y trillarían mas y mejor que con otro animal; sería la paja mas larga, blanda, sana, lo que no es con otro animal."

son las ruedas. La (fig. 84) representa en grande una rueda del trillo. La (fig. 85) representa la misma rueda vista de frente. La (fig. 86) representa la cuchilla en grande. La (fig. 87) representa en grande el parage donde se coloca el banquillo y separa las ruedas; en la cual, D' representa la pezonera; y la (fig. 88) representa la hoz ó guadaña en grande.

Para dar á conocer el modo de obrar de este mecanismo, supongamos que se principia una parva. En este caso, las cuchillas, hoces ó guadañas, no se deben poner muy bajas. Su objeto es el siguiente. Al rotar la máquina, los rayos penetrarán mas ó ménos en lo interior de la mies. La cuchilla ú hoz, que no gira, llevará delante de sí la parte de mies que encuentre; pero al pasar el rayo inmediato á la cuchilla ú hoz, romperá toda la mies que lleva la cuchilla delante de sí; y por esta causa conviene que la cuchilla esté bien cerca de los rayos, y que estos no disten entre sí demasiado para que las cuchillas no lleven delante mucha cantidad de mies. Despues, al caer cada rayo, penetra en lo interior de la parva y deshace cuanto encuentra; al salir, levantará algunas pajas y dejará hoyos en otras partes, y luego la trilla comun, allanándolo todo, acaba de deshacer cuanto encuentra, y suaviza la paja, lo cual es muy conveniente.

386 Las ventajas que presenta esta construccion, es su sencillez; las cuchillas de fierro forjado, que van á los estremos de los radios, se pueden hacer todas iguales con planchuelas de fierro tiradas á la inglesa y cortadas por la máquina, que en las ferrerías á la inglesa llaman tijera ó *cisalla*; y de este modo pueden hacerse con una economía sumamente estraordinaria, taladrándolas tambien con la máquina correspondiente de perforar que hay en dichos establecimientos. Todas ellas deben ser iguales, y por consiguiente se pueden hacer en los establecimientos del fierro, de que hemos hablado (nota del § 329 L. 3.º), y trasportarlas como género de comercio á todas partes, sin haber mas dificultad para su colocacion que hacer unas ranuras en los estremos de los rayos para introducirlas un poco y asegurarlas con un pasador ó pernio. Solo hay que tener la precaucion de colocarlas alternativamente, ó en los rayos alternados de diferente modo, esto es, unas en la direccion de movimiento, y otras en la direccion perpendicular á este. Aquí no hay que labrar la madera de los rayos y puede ser de cualquier especie, con tal que resista, pero con corteza, y ya sea recta ó torcida, esto importa poco.

Si se prefiere el hacer las cabezas de los rayos de *fundicion de fierro* ó de lo que se llama *fierro colado*, tambien basta con hacerlas de una sola manera y colocarlas alternativamente. El fierro colado es mas barato que el forjado; pero como haciéndolas de fierro colado, era preferible hacer toda la cabeza de una sola pieza, resultaba mucho peso en cada cabeza, y podrá suceder que el precio venga á salir igual, y en algunos parages mas caro acaso que las de fierro forjado. Este trillo se podría disponer de modo que se moviese por el agua, dándole una forma adecuada; pero es mucho mas ventajoso el hacerlo por caballerías por contribuir estas mucho con su pisotéo, y por otra parte va mas conforme con las prácticas establecidas. El volver la parva y demas operaciones se hacen del mismo modo que en los procedimientos que están en práctica.

Aventar.

387 Trillada ya la mies, hay que separar el grano de la paja. Esta operacion se esplica perfectamente y con la debida claridad en la citada leccion del *Señor Arías*; pero aquí tambien la Mecánica puede prestar auxilios de importancia. El método de aventar, como se practica en el dia, tiene, en mi concepto, el inconveniente de que muchas veces no hay viento, y los hombres se hallan parados; otras el viento es muy fuerte y se lleva demasiado léjos la paja, perdiéndose mucha parte de esta; y otras, cambia la direccion del viento mientras se aventa una parva, y esto produce sus inconvenientes. Ademas, siempre se desperdicia el *tamo*, que es la parte mas menuda de la paja, y que saliendo fuera de la era se pierde una cierta porcion, que no es indiferente, pues pudiera aprovecharse para las vacas, ya en seco, ya cocido con otras sustancias.

La Mecánica puede ofrecer muchos auxilios para esto; se puede disponer una corriente de aire por cualquiera de los medios que están puestos en ejercicio en las ferrerías; y el que representa la (fig. 89 lám. 7), es uno de los mas simples y trasportables. Puede manejarse á brazo por la cigüeña ó manubrio *M*, ó por una rueda de clavijas como en la (fig. 66 lám. 5.ª del T. I), por una caballería, ó tambien por el viento.

Una de las prácticas que me parece se deberían establecer, es la siguiente, ya se use de este modo ó del ordinario. Al aventar, resulta que las partes de mayor peso específico, se quedan mas próximas al grano. Por consiguiente, lo mas cerca del monton de trigo, quedan los pedazos que llaman *granzones* y que son los nudos de las

cañas de la mies que, por su mayor dureza, han podido resistir mas tiempo á los esfuerzos de la trilla ó trillo.

Estos, en mi concepto, se deberían guardar por separado y triturarlos en una piedra de molino ordinaria; pero que la corredera distase mas del asiento, que para moler el trigo, y en esta disposicion podría servir para toda especie de ganados, como cerdos, gallinas &c., ya mezclada con paja ordinaria, ya cocida y mezclada con salvado, patatas &c. De este modo la comerían bien, y les serviría del mismo alimento que la paja, ó acaso mas; pues en algunos paises pobres de Francia me han asegurado que, estos granzones molidos los mezclaban con la harina, y resultaba un pan inferior, pero que servia de alimento á las personas ocupadas en las fatigas del campo. La parte, que sigue á los granzones, es la mas enteriza de toda la mies trillada, y es la que mas se aprecia para los caballos de regalo y mulas de coche, particularmente si es de cebada; en cuyo caso la llaman *paja pelaza*. La que sigue á esta, es la mas adecuada para los ganados de labor, traginería y arriería; y la mas menuda ó trillada para el ganado vacuno. Finalmente, el tamo podría servir, como ya hemos indicado, cocido con salvado, con patatas, ó con otras sustancias, y con el suero y agua que resultase de lavar la manteca &c., para los cerdos, gallinas, y aun para las mismas vacas; y de este modo nada se pierde, y ademas resultaba que no había necesidad de acribar la paja en los establos.

Por los procedimientos actuales sucede que al principio siguen este órden progresivo las diferentes especies de paja, pero cuando el monton va crecido, impide el que se aleje la paja menuda y tamo, quedando todo mezclado. Sucede tambien que para sacar todo el peso que corresponde, suelen mezclar el tamo con la misma paja; de donde resulta despues la necesidad de acribarla. En gran parte de nuestras provincias desperdician mucha paja dejándola en la era ó destinándola á estiercol; pero si la empleasen en el mantenimiento del ganado vacuno, como sería muy ventajoso y conveniente, resultaria al labrador un considerable provecho en leche, manteca, queso, carnes y abono para las tierras.

Ventajas que pueden obtenerse sustituyendo el lavado del trigo á la operacion de aecharlo.

388 Antes de moler el trigo, conviene limpiar bien el grano; á cuyo efecto es necesario separar todas las partes heterogéneas que contiene, sean piedras, sean otras semillas &c. En las tahonas y en los pueblos donde los particulares envian de sus casas el trigo al mo-

lino, lo limpian aechándolo primero, y despues tomándose la molestia de poner el trigo en una *gamella* ó *artesa* que en algunos pueblos de Andalucía llaman *espedregadera*, y de irle pasando grano por grano con los dedos para separarle de toda impureza. Este método es sumamente engorroso; y por eso en los molinos modernos en que se hace uso de los recursos de la Mecánica, particularmente en Inglaterra, en los Estados-Unidos y en varios parages de Francia, se dispone el aparato, de manera que el mismo motor, que da movimiento á las piedras, eleve los sacos y limpie el trigo. Yo tengo examinado con mucha detencion los di erentes mecanismos, de que se hace uso para este efecto, y no he hallado ninguno que limpie enteramente el trigo, y algunos hay que separan justamente los granos de trigo mas gruesos y mejor nutridos. Por esta causa estoy perfectamente convencido de que la adicion de todo el aparato para limpiar el trigo en los molinos modernos, no es tan ventajosa como se cree, así como faltan palabras para espresar las utilidades que trae el cerner la harina por los aparatos que se disponen en los molinos de última construccion y que se mueven por la misma potencia ó motor que hace girar las piedras. Esto se puede asegurar que casi ha llegado á su punto mas alto de perfeccion, como puede verse en el molino que el *Señor Marques de Casa Irujo* tiene en Cádiz, movido por el vapor, y en el que el *Señor Marques de Pontejos* ha construido en Aranjuez movido por una rueda de agua.

Por dicha causa, no dudo en proponer para limpiar el trigo, ántes de molerle, como el único medio eficaz de conseguir este objeto, el lavar el trigo, segun se practica en los departamentos meridionales de Francia, y en la mayor parte de las tahonas de Madrid. Esta operacion es indispensable hacerla cuando el trigo tiene *tizon*, y lo que en Andalucía llaman *carboncillo*. Ademas, esta operacion reune la circunstancia de hacer que se muela con mas facilidad, de que salga el pan mas suave y mas blanco, y de que no se desperdicie la parte mejor y mas nutritiva de la harina, que es aquel polvillo fino que revolotéa en todo molino y sus cercanías. El humedecer el trigo antes de molerlo, es una operacion que por necesidad se práctica, como hemos dicho ya, en los casos de estar atizonado el trigo ó tener *carboncillo*; y sin esta circunstancia, lo humedecen por conveniencia y utilidad los tahoneros de Madrid, y lo da por sentado como una cosa de práctica establecida *Don Esteban Boutelou* en su importantísima *Memoria sobre las sustancias vegetales que pueden servir para hacer pan*, inserta en el tomo VIII de la *continua-*

cion del almacen de frutos literarios, ó Semanario de obras inéditas, publicado en 1819. En efecto, pág. 78, dice "y algunas veces es útil lavarlo en agua clara para que su harina salga blanca y el pan mas suave." Pág. 79. "Cada fanega de trigo del peso de 90 libras, antes de remojarlo para llevarlo al molino, rinde, si se muele con economía, sobre 88 libras de harina sin cerner, de las 90 de su peso."

Aquí se ve que este Sabio agrónomo da por sentado el que es conveniente remojar el trigo para molerlo. Tambien observarémos que las dos libras de merma que hay en las 90, provienen sin duda del polvillo que revolotéa en el aire y que se pega á los vestidos, cabellos &c. de los molineros y paredes del molino, el cual origina que estos y todos los que viven en las inmediaciones de los molinos, comiendo ménos, se hallan mejor nutridos. Este polvillo, en sentir del *Señor Arias*, es la parte mas selecta y apreciable de la harina; por cuyo motivo algunos molineros lo recogen y aprovechan con utilidad: y como la esperiencia tiene demostrado que este polvillo disminuye cuando se remoja el trigo, parece no quedar duda en que, humedeciendo el trigo antes de molerlo, se evitará este desperdicio. Algunos, sin embargo, suspenden el juicio sobre esta materia, porque recelan que cuando se remoja el trigo, se pega alguna mas cantidad de harina al salvado; que, cuando es puro, no presta ningun alimento al ganado, y que solo sirve para ensanchar y que los otros alimentos penetren, segun una carta de *Don Agustin Pascual*, cuya temprana muerte lloran todos los amantes de la Veterinaria y Agricultura, inserta en los números 527, 528 y 529 del Semanario de Agricultura y Artes; en nuestro caso, teniendo alguna parte de harina el salvado, sirve de nutrimento á los animales que lo comen, y resulta la ventaja de no desperdiciarse tanta cantidad de harina. Por todo lo cual, no me queda la mas mínima duda en que resultarán ventajas de consideracion lavando el trigo antes de molerlo, en vez de aecharlo y limpiarlo.

389 El aparato para lavar el trigo, que en mi concepto es el mas adecuado, debe tener la forma de una artesa ó trozo de pirámide rectangular, que, en planta, se halla representada por la (fig. 90) y en perspectiva por la (fig. 91). Se coloca de modo que esté un poco inclinado el fondo. Por *A* entra un chorro de agua. Se vacia un costal de trigo ó la cantidad que se necesita limpiar ó cabe en la artesa, lo mas cerca del parage *A* por donde entra el agua. Las materias, que son ménos pesadas que el agua, como los granzones, toda la broza, los granos de trigo vanos ó con tizon, el polvo,

tierra &c., se disuelven en el agua ó sobrenadan en ella, y van á salir con esta por la abertura *B*, llevándose consigo todas estas materias. En el fondo de esta artesa, hay dos, tres, ó mas travesaños ó resaltos como de dos pulgadas y media de grueso, que señalamos por *C*, *D*, *E*, *F*, *G*, en la (fig. 90). El objeto de estos, es que al caer el trigo, las piedras y demas materias, cuyo peso específico es mayor que el del trigo, llegan al fondo antes que este, y por consiguiente quedan en la parte inferior, y no pueden bajar á causa de impedirlo dichos travesaños. El trigo continúa descendiendo, y un hombre lo remueve contínuamente; las piedras y demas materias pesadas, que no han sido detenidas por el primer travesaño *C*, quedan detenidas por el segundo *D*. El hombre que está contínuamente moviendo el trigo con una pala, con la mano, ó de cualquier otro modo, siempre lo hace en la direccion de abajo arriba, á fin de facilitar que las partes ligeras sobrenaden, y que las mas pesadas, como son las piedras &c., se precipiten al fondo y queden detenidas por los travesaños, y por la parte inferior de la salida *H*. De cuando en cuando el operario introduce su mano para desmenuzar los terrones de barro ó cualquier otro conglutinado de granos y materias heterogéneas. Esta operacion se continúa hasta que el agua sale clara; y para que no se desperdicie nada, al estremo de la canaleja ó abertura *B*, por donde sale el agua, se coloca una espuerta colgada, ó una vasija, cuyo fondo y costados son de enrejado de alambre á manera de criba, para que detenga los granos y demas semillas ó materias que sobrenadan en el agua por estar vanos ó poco nutridos &c., y esto se aprovecha dándolo á las gallinas. Cuando ya está clara el agua, lo que indica que no queda en el trigo ningun polvillo pegado, se levanta la tabla ó compuerta *I*, y por la abertura que resulta, sale el trigo al mismo tiempo que el agua; el trigo se recibe en unas espuertas ó en vasijas, cuyo fondo y costados es de enrejado de alambres que son pueden conducir á brazo ó sobre parihuelas. De este modo escurre toda el agua y se conduce todo el trigo á un parage bien liso y enladrillado, que podrémos llamar *secador* ó *asoleador* que tenga cierta pendiente para que escurra el agua; en este parage queda el trigo espuesto al sol ó al aire el tiempo necesario para que se orée lo conveniente, de donde se conduce á la tolva &c. En vez del asoleador al descubierto, podría hacerse de cualquier otro modo para evitar los inconvenientes que produciría la lluvia, ya cubriéndola con cristales, ó en lo interior de los edificios, haciendo que el suelo donde se colocase el grano estuviese hecho con zarzos ó de alambre para que escurra el agua, y se

introduzca el aire, ya natural ó ya que pasase por una de las chimeneas &c., ó ya que se secase por los procedimientos que proporciona el vapor. De este modo sale el trigo perfectamente puro, sin polvo ni mezcla de ninguna otra cosa. En los espacios, comprendidos por los resaltos quedan solo las chinas ó piedras con especialidad en los mas próximos á la salida: en los otros suelen quedar algunos granos de trigo; pero estos, juntamente con las piedrecillas que contienen, se remueven de abajo arriba, con lo cual se hace que las chinas se queden detenidas por los resaltos *C*, *D*, y que desciendan los granos de trigo. Las chinas que se sacan, aunque salen, por lo regular, sin contener grano alguno, para no correr el riesgo de que se desperdicie nada, pueden echarse donde hay gallinas, y lo mismo puede hacerse con el residuo final que resulta en la parte inferior *H*. Este método que he visto practicado en la parte meridional de Francia, es, en mi concepto, sumamente ventajoso.

Molienda del trigo.

390 Limpio ya el grano &c., la otra operacion que conviene hacer para disponerlo á satisfacer las necesidades humanas, es molerlo; y los establecimientos en que esto se ejecuta, se llaman en general *molinos*; si el motor es el agua, recibe entre nosotros el nombre particular de *aceña*; si el motor es el aire, se denomina *molino de viento*, y si las caballerías, *tahona*, ó *molino de sangre*. No hay acaso ningun edificio industrial mas necesario que los molinos, pues que el pan es el principal alimento de los hombres en casi todo el Globo. Atendida esta necesidad y la utilidad inmediata que resulta á todo el género humano, parece que la construccion de los molinos debería ser uno de los asuntos á que se hubiese prestado mayor atencion; mas, por lo general, se hallan abandonados al empirismo y á la ciega rutina en la mayor parte de los paises, cuando es uno de los establecimientos en que la antorcha de la Mecánica puede producir mayores ventajas.

En prueba de que no exageramos nada, oigamos lo que dice *Belidor* al principiar el capítulo primero del libro 2.° de su *Arquitectura Hidráulica*, en que trata de los molinos para moler el trigo &c., donde se encuentra la *aplicacion de los principios que pueden contribuir al perfeccionamiento de toda máquina movida por una corriente de agua*. "Acaso parecerá estraño (dice este célebre escritor) que yo me haya tomado el trabajo de escribir sobre un asunto tan conocido como este; pero si se quiere entrar en las razones que me

han hecho componer este capítulo, se hallarán bastantes motivos para justificarme. Los molinos son comunes, á la verdad; esto es lo que prueba justamente su utilidad y la precision de buscar los medios de perfeccionarlos. Pero esta es la suerte bastante frecuente de las cosas mas estimables, que pierden su valor por la habitud de verlas, en vez de que frecuentemente no es necesario sinó una vagatela que tenga una especie de novedad para causar admiracion."

Entre nosotros nada hay escrito sobre este particular, ó al ménos yo no he podido encontrar en España, por mas diligencias que he practicado, nada mas que la obra intitulada *Tratado de los granos y modo de molerlos con economía, de la conservacion de estos, y de las harinas, escrito en frances por Mr. Bequillet, Abogado del Parlamento de París, estractado y traducido al castellano con algunas notas y un suplemento por Don Felipe Marescalchi*, impresa en Madrid año de 1786; y como en este medio siglo casi que ha trascurrido despues de la impresion de dicha obra, se han hecho tantos progresos en las Ciencias y en sus aplicaciones á las artes, he tratado de reunir por mí mismo todos los datos posibles en los molinos, en las panaderías y en las tahonas; mas como entre nosotros no está suficientemente difundido el espíritu de observacion, al tratar de hacer ciertas preguntas han creido que el descubrir sus secretos podría perjudicarles, y me he visto precisado á no continuar demasiado mis investigaciones. Sin embargo, combinando las noticias sueltas que me han suministrado varios sugetos instruidos y muy esperimentados, entre los cuales no puedo ménos de citar á *Don Juan de Mata Morales*, constructor de norias, tahonas, y toda clase de obras de carretería, sugeto de recto juicio y sana intencion, muy versado en los ramos anejos á su profesion, y á *Don Bonifacio Delgado y Pozo*, marmolista, que tiene muchos conocimientos en estas materias; voy á poner aquí los resultados que he podido obtener.

Las linternas de las tahonas tienen, por lo regular de cinco á seis *husillos*, y la rueda dentada que engrana con la linterna, tiene por lo general de 96 á 102 dientes, á que llaman *puntos*. En una tahona, que yo mismo he reconocido y examinado, hecha por el *Señor Mata*, el número de dientes ó *puntos* de la rueda era 96, y el número de husillos de la linterna, era 6; por consiguiente, mientras daba una vuelta la rueda, la piedra daba 16; y como la rueda anda lo mismo que la caballería, y esta da 4 vueltas por minuto, resulta que la piedra da en un minuto 64 vueltas. La caballería tira *á collera* y no con *balancin*, porque de este modo, dicen, que se

aprovecha toda la fuerza de la palanca. La distancia que hay desde el estremo de la palanca al centro del movimiento, es de 12 pies. De donde resulta que la caballería gira en un círculo de 10½ pies de radio: lo cual no es bastante para que ejerza toda su fuerza sin que se pierda una cierta parte.

La piedra que está debajo se llama el *asiento* ó *solera*, y la que gira, *corredera*. Ambas tienen una vara de diámetro. Las piedras son de las que en Madrid llaman de Colmenar de Oreja, por traerse de las canteras de dicho pueblo. Dichas piedras pueden trabajar seis horas de seguida, despues se les hace reposar y se pican. Pueden trabajar en las 24 horas del dia dos veces á razon de 6 horas, y en caso necesario tres veces á 6 horas, esto es, 18 horas, pues para picarlas vienen á emplearse unas dos horas.

En Brihuega, cerca de Guadalajara, hay una especie de piedra que parece á la pomez, la cual hace la harina tan blanca como la de Colmenar. Pueden trabajar 16 horas en las 24 que tiene el dia.

La altura ó grueso de la piedra fija, que como hemos dicho se llama la *solera* ó el *asiento* es de 2 pies; la corredera tiene solo media vara ó pie y medio de grueso. El agujero de la corredera por donde cae el grano, es de medio pie de diámetro. El peso del pie cúbico de esta piedra, lo reputan unos en 3 arrobas, y otros en 4 arrobas. Esto prueba la necesidad de que se determinen los pesos específicos de los materiales, de que se hace uso en todas nuestras obras de construccion.

Habrá como unos 20 años que se intentó en Madrid dar á las piedras mas vuelo con el fin de que recalasen ó moliesen mas las harinas. Se hicieron ensayos en varias tahonas, que surtieron buen efecto; pero se abandonó este uso, á causa de que los conductores de dichas piedras á Madrid, son por lo general Murcianos, y no teniendo sus carretas suficiente ancho, y encontrando, por otra parte, dificultad en los caminos, desecharon este importante uso, quedando Madrid privado de un beneficio que no es indiferente para el bien estar de su vecindario.

Segun se va gastando la corredera, se va cargando con otra piedra á proporcion. La piedra que se coloca encima de la corredera, cuando está ya gastada, para aumentar su peso, se llama *la carga*. La que primitivamente sirvió de corredera, se va cargando y continúa sirviendo hasta que solo tiene tres ó cuatro dedos de grueso, en cuyo caso la llaman *faldones*; despues se levanta el asiento para que sirva de corredera, poniendo otro asiento nuevo en su lugar.

Las piedras parece que se pican á cada *taréa*, que consta de seis fanegas. El modo de picarlas es á la que llaman *á la ventura*, *salpicadamente* ó *á golpe perdido*. Se muele, por lo regular, una fanega en una hora; por lo que se pican las piedras de seis en seis horas.

El modo de moler actualmente en Madrid, es el que usan los Franceses con la denominacion de *molienda económica*; esto es, se muele por primera vez el trigo, y la harina se cierne. El cedazo que se usa tiene seis divisiones, que suelen llamar *trancos*, y da por una parte *harina de flor*; por otra parte mas baja, de lo que llaman *granillo*; y por otra todavía mas baja, cae lo que llaman *cabezuela*. Despues hay otro parage por donde sale lo que llaman *moyuelo*, y luego, por otras dos salidas cae el *salvado menudo* y el *salvado grueso* que suelen llamar *cascarilla*.

La cabezuela, el granillo y el moyuelo que salen, lo vuelven á moler, y lo que resulta se cierne y produce *harina de flor* en la primera division, y en las otras dos *moyuelo*, que es mas fino en el primero y mas ordinario en el segundo. Cuando se remuele no sale ya salvado. Dicen los operarios que el *granillo* es lo que da mejor harina; y las mismas noticias me han dado en los paises estrangeros.

Los demas datos que yo he podido recolectar sobre esta materia, se reducen á los siguientes. Cualquiera que sea el método de moler que se adopte, conviene siempre dejar enfriar la harina en el saco, y que permanezca en él hasta el momento en que se empléc. Si se hiciese uso demasiado pronto despues de la molienda, no panifica tanto. Parece que la época mas adecuada para el amasado, es cuando la harina ha permanecido en el saco solo el tiempo necesario para llegar tibia á la artesa. El conservar la harina sin cerner, esto es, mezclada con el salvado, es perjudicial; porque el salvado le comunica un olor y gusto desagradable. La mejor práctica de conservar la harina, es la de colocarla en sacos ó costales aislados puestos en fila y algo distantes de las paredes. El modo mas eficaz para conservar las harinas durante mucho tiempo, es quitarle perfectamente todo el salvado que contribuye á su fermentacion, calentar las harinas en estufas ó al sol, y encerrarlas en toneles bien hechos, compriméndolas capa por capa con pilones de fierro para que formen un cuerpo duro impenetrable al aire.

Todas las aguas, con tal que sean potables, pueden servir á la fabricacion del pan, y aun se puede hacer uso para este objeto de las que tienen un gusto cenagoso. Basta, entónces, hacerlas hervir, despues enfriarlas y pasarlas á través de un tamiz. En el modo de

emplear el agua consiste el principal efecto de la panificacion. Es necesario que sea fria en estío, tibia en invierno y caliente durante las heladas, pero jamas hirviendo. La buena harina absorve, por lo regular, un tercio de su peso de agua en el amasado, y retiene un cuarto en el horno.

El uso de la sal en el pan, no está limitado á servir para sazonarle. Concurre á dar á la parte de las harinas la consistencia que han perdido por una estacion desfavorable, ó una molienda defectuosa; conviene en la una y en la otra circunstancia moderar su dósis, no emplearla echándola en la harina ni en la masa, sinó disolviéndola en el agua.

En cuanto á la levadura, debe ser lo mas importante de la panadería: produce sus efectos sobre la masa, segun el estado en que se halla cuando se trata de emplearla; cuando está bombeada, rechaza las manos que comprimen la superficie y sobrenada en el agua que se echa encima pàra diluirla, sin perder de su firmeza; entónces se juzga que está perfecta. Jamas se debe hacer uso de levadura rancia ó añeja; se le puede sustituir el carácter de levadura reciente, mezclándola con una nueva cantidad de agua y de harina algun tiempo ántes de usarse.

Para amasar bien, es necesario proceder suavemente hasta que la totalidad del agua y de la harina esté bien incorporada con la levadura, y despues mucho mas veloz á fin de que la mezcla no presente ninguna desigualdad y todo aparezca una pasta homogénea.

El pan reunirá siempre las buenas cualidades que le caracterizan si no se le encierra al salir del horno; y si, para hacer uso de él, se espera que esté perfectamente frio. Mientras mas volúmen tenga el pan, es mas nutritivo. El que se compone de solo harina es el mas sustancial y provechoso.

Idéas generales para obtener ventajas en el amasado del pan.

391 En la operacion de *amasar* el pan, tambien puede tener influjo la aplicacion de la Mecánica, en términos que poco ántes de salir yo de París, se puso una panadería en que se amasaba por máquina. Sin embargo, yo suspendo el juicio acerca de esta materia hasta que se haya aclarado un punto de la mayor importancia, á que ha dado orígen el esperimento siguiente. Mi deséo de interrogar á la naturaleza sobre asuntos de utilidad general es insaciable; y á pesar de los obstáculos que se encuentran, entre nosotros mas parti-

cularmente, para este género de investigaciones, por las razones espuestas (390), se me proporcionó una ocasion favorable para introducir el peso y la medida en la operacion del *amasado*, y ejecuté el esperimento siguiente. A 67 ¾ libras de harina, se le echaron 16 libras de agua caliente; 3 ½ de levadura, y media libra de sal; de modo, que la suma de todos los ingredientes ó componentes era 87 ¾ libras, y parece que este mismo peso debía resultar en la masa. Sin embargo, esto no se verificó; pues la masa pesó 96 ¼ libras. Aquí aparece un aumento de masa de 8 ½ libras. Este resultado me sorprendió á la verdad; y como el peso de la masa se hizo en una balanza, y el de la harina y el agua se pesó con una romana me ocurrió si podría resultar de la diferencia de estos pesos. Tambien me ocurrió el que el peso de la masa se hizo pesando los panes, y podría suceder que el pan no tuviese el peso que debía, y que por la codicia de mayor ganancia, se quitase al pan alguna cosa; pero vista la sencillez y buena opinion que merecía la persona que amasó el pan, me parece imposible que se atreviese á sisar tanto; por manera, que en mi concepto se debe reputar por un hecho el que *la cantidad de masa, que se introduce en el horno, pesa mas que la suma de los pesos de la harina, levadura, sal y agua.* Si este hecho es cierto, como parece, y sobre cuyo punto se deberían hacer las mas serias investigaciones, se presenta aquí ahora una cuestion sumamente importante, á saber ¿de dónde proviene este aumento de peso? No hay duda en que debe provenir de padecer la masa alguna trasformacion química, ó fermentacion en que adquiera este mayor peso, fijándosele alguno de los principios que existen en la atmósfera. Y si esto es así ¿cuál es este principio? ¿es el oxígeno, el azóe, el ácido carbónico, ó cuál de los otros fluidos? Ademas, observando la costumbre, tan generalmente recibida en todos los países conocidos hasta el dia, de hacerse la operacion del amasado por los hombres ó por las mugeres, cooperando con sus propias carnes, ¿no hay motivo para recelar que el contacto de la carne humana con la masa puede contribuir á que se fige mayor cantidad del agente que aumenta el peso? Por otra parte, sería de la mayor importancia el indagar qué circunstancia coopera mas para acrecentar este aumento, si el trigo, si la preparacion de la harina, si el agua, si el local, si la materialidad de la operacion y sustancia que se ponga en contacto con la masa para removerla bien &c., &c. Todas estas investigaciones son muy dignas de hacerse en virtud de observaciones exactas, y cuyo resultado influye mucho en beneficio del género humano.

Por otra parte, hay otro hecho que todos conocen, y es, que unos trigos panifican mas que otros, en lo cual no hay duda, lo que se atribuye á la calidad del mismo trigo y tierra en que se cria; pero no se ha tratado de esplicar la causa con observaciones juiciosas y exactas. Ahora corre en varios mercados de Inglaterra, que el trigo de España que da mas pan, es uno que designan bajo el nombre de *Talavera*, no porque sea originario de este pueblo, pues parece que procede de Andalucía. Los Ingleses han inventado un instrumento que sirve para indicar la cantidad de harina que dan las diferentes especies de trigo. *Mr. Chevalier*, Ingeniero óptico de París, ha perfeccionado esta invencion, y la denomina *Balanza cereal*, que se halla venal en su casa, juntamente con la instruccion para usarla.

392 Deseando ver si existía alguna noticia relativa á mi idéa, consulté la interesante Memoria ya citada (388); y aunque hallé muchas cosas de un mérito estraordinario, y varios esperimentos acerca del amasado y cocido del pan, hechos por tan Sábio Agrónomo, y publicados en Francia y en Inglaterra, solo consta el peso de la harina, el peso de la masa, y el peso del pan caliente; pero no poniéndose el peso del agua, de la sal y de la levadura, nada podemos deducir acerca del fenómeno espresado. Lo mismo sucede en el esperimento que pone el Señor *Marescalchi* á la pág. 532, de la obra citada (390), pues no consta la cantidad de agua. Con este motivo, no puedo ménos de manifestar lo importante que sería el que *Don Antonio Sandalio de Arias* llevase á cabo la tan deseada publicacion de la *Céres Española*; y si al enumerar y caracterizar cada variedad de trigo español, acompaña como me consta que lo tiene pensado, los esperimentos acerca de la panificacion de cada uno, esto es, cuanto pan da, sería una obra que honraría al siglo en que vivimos, y colmaría de gloria, no solo al Autor, sinó á todo el que cooperase por cualquier medio á tan interesante como laudable empresa ¡Quiera el Cielo que nuestro Sábio Gobierno remueva los obstáculos que á ello se oponen! Por lo demas, á nosotros nos basta haber fijado las idéas sobre este punto el mas indispensable para satisfacer las necesidades humanas, al ménos en España, donde el pan forma el principal alimento.

393 Mas ahora debemos considerar este punto como ramo lucrativo y como asunto de comercio y de especulacion; á cuyo efecto, observarémos que las harinas se conservan por mas tiempo que los granos, á no ser cuando estos se guardan en silos. Las harinas son mas fáciles de trasportar que el grano, están suje-

tas á ménos averías, y se pueden conservar en parages ménos acomodados. Luego, si el comercio que nosotros hacemos en granos, lo hiciésemos en harinas, quedaría en nuestro pais la ganancia de la molienda ó maquila, la de la cabezuela y salvado, y de la pipa, barrica ó tonel en que se trasportase. Ademas, si en un parage donde hubiese combustible se formasen establecimientos para hacer la galleta, y que en vez de salir nuestros frutos en granos ó harinas, saliesen ya elaborados en galleta, podríamos apoderarnos de un comercio casi esclusivo sobre este particular, formando grandes almacenes en los puertos mas concurridos de Europa, con provecho, no solo de los Españoles, sinó de los Extrangeros, pues todos recibían ventajas en tener á mas bajo precio y de mejor calidad su principal alimento. De manera, que podrían los Españoles hacer este comercio esclusivo sin rivalidad de las Naciones extrangeras. Por esta causa, es de la mayor importancia el proporcionar los medios de convertir el grano en harina; y siendo, por otra parte, el punto en que absolutamente nada tenemos en español, voy á manifestar aquí cuanto sea mas conducente para el objeto. Y despues de haber dado las nociones mas generales y mas indispensables, calcularémos la cantidad de agua que se necesita, como potencia motriz, para moler todo el trigo qne produce la España.

Datos que conviene tener presentes en la construccion de los molinos.

394 La operacion de moler el trigo se efectúa cayendo el grano de la tolva por un agujero que contiene la corredera. Las superficies opuestas de estas dos piedras, no son planas. La de la corredera es cóncava; la del asiento es convexa, y ambas tienen la figura cónica, siendo su eje muy pequeño en comparacion del radio ó diámetro de su base. Cuando la corredera tiene 6 pies de diámetro, la altura ó eje de este cono viene á ser de una pulgada; y el eje ó altura del cono opuesto del asiento, es de 9 líneas; de manera, que hay un espacio de 3 líneas, que está hueco en el centro de las piedras; despues va disminuyendo este espacio á medida que los puntos de ambas piedras se acercan á la circunferencia; esto hace que el trigo vaya caminando íntegro hasta una distancia del centro, *como de los dos tercios* del radio, que es el parage donde principia á romperse y donde opone la mayor resistencia de que puede ser capaz; el intervalo de las dos piedras en aquel parage, viene á ser los dos tercios ó los tres cuartos del espesor del grano que se muele.

Mas como los molineros tienen medios para subir ó bajar algun tanto la corredera *, arreglan el intervalo con el asiento segun quieren que la harina sea mas ó ménos fina.

395 *El efecto de la corredera* depende de su cantidad de movimiento, que, como hemos espresado (§ 20 Mec. Práct.) es *el producto de la masa por la velocidad*; y aunque aquí solo se debe considerar una parte de la masa por estar la otra sostenida por el árbol que hace girar la corredera, la parte que se empléa para moler el grano siempre es proporcional al peso; y la esperiencia prueba, que *si dos correderas de desigual peso tienen la misma velocidad, sus efectos, ó la cantidad de harina que producen en el mismo tiempo, guarda, sobre poco mas ó ménos, la relacion de su peso absoluto*; y todos los molineros convienen en que, á proporcion que se van usando las correderas, producen ménos cantidad de harina, en términos que cuando llegan á tener solo las tres cuartas partes ó la mitad de su espesor, no producen casi mas que las tres cuartas partes ó la mitad de la cantidad de harina que daban al principio.

396 La fuerza centrífuga lleva el trigo del centro á la circunferencia; y cuando llega á un parage en que el intervalo de las dos piedras es menor que el grueso del grano, este se rompe. Sin embargo, la corredera, teniendo un punto de apoyo en la parte de fierro en que termina el paraus, y á que algunos llaman *labija*, el cual no es abandonado jamas por la corredera, pero sin estar sujeta á él, no se vé claramente por qué razon, á medida que es mas pesada, produce mas efecto, teniendo la corredera un movimiento, ademas del circular, de abajo hácia arriba, y de arriba hácia abajo, de manera que hay una especie de balancéo que contribuye á deshacer el grano. Este balancéo se origina de que siendo la accion igual y contraria á la reaccion, los granos de trigo obran como cuñas y levantan alguna cosa, aunque insensible, la corredera: cuando el grano queda roto, baja la piedra &c. &c., á todo lo cual contribuye tambien la elasticidad del árbol. Resulta, pues, que *los efectos de dos muelas diferentes, están en razon compuesta de su velocidad y de su peso.*

* En nuestros molinos ó aceñas se practica esto del modo siguiente. El árbol en que descansa la corredera se llama *paraus*; su parte inferior ó espiga está sostenida en un tejuelo que hay en un árbol horizontal llamado *marrano*; al extremo de este hay un liston de madera ó una cuerda que sube hasta el piso del molino; y por medio de cuñas, se hace que la cabeza del liston suba ó baje, con lo cual sube ó baja el marrano y tambien el paraus y la corredera.

397 Se entiende por *velocidad* de una muela el camino que hace girando uno de los puntos de su circunferencia media durante un tiempo determinado; y esta circunferencia tiene por radio los dos tercios del radio de la muela, y *Belidor* observa que una muela debe hacer á lo mas 60 vueltas por minuto para no quemar la harina.

398 Dada ya una idéa sobre el modo con que las muelas convierten el grano en harina, no podemos, ni nos corresponde el entrar en detalles que son mas propios de tratados especiales. En francés se puede consultar la *Arquitectura Hidráulica de Belidor* con las interesantísimas notas de *Mr. Navier*; el *Arte del molinero* por *Mr. Malouin*, el *Manual del molinero y carpintero de molinos* por *Beguillet*, y en inglés la obra de *Mr. Gray*, cuyo título es *Experienced millwright* &c., y en español la ya citada del *Sr. Marescalchi*. Pero, sin embargo, juzgamos de nuestro deber insertar aquí los principios generales que deben servir de norma á los constructores; y que de no tomarlos en consideracion podrían resultar graves inconvenientes. En efecto, una de las cosas mas interesantes al género humano, es todo lo que tiene relacion con satisfacer las necesidades de los hombres; y entre estas la que es mas urgente y de mayor consideracion, es la que tiene por objeto moler el trigo, el maiz y demas granos que sirven para nuestro alimento y el de los animales de que el hombre hace mas uso para la conduccion de los frutos, labores de los campos &c. Sin embargo de esto, no sé por qué fatalidad, un objeto de tamaño interés se ha descuidado tanto, que, al mismo tiempo que otros ramos de mucha menor importancia, han ocupado los talentos mas sobresalientes, apenas se tengan noticias precisas sobre tan importante materia. Como el estudio de las Matemáticas acostumbra insensiblemente á considerar las cosas bajo el aspecto de su utilidad real y efectiva, yo he procurado insertar en mis obras aquellos resultados que mas influyen en la pública prosperidad; y habiendo visto que en varios parages de España, con el mejor trigo del universo, comen el peor pan, siendo la principal causa el que la harina sale quemada, á causa de que yo he visto molinos en que la piedra da mas de doscientas y aun trescientas vueltas por minuto, puse en mi Mecánica (§ 254) aunque de paso, el número de vueltas que debía dar la *corredera* para que la harina saliese molida como correspondía, pero sin quemarse. Y ahora conviene que generalicemos esta idéa, y llamemos la atencion sobre los principios generales que deben tener presentes los constructores.

399 Lo primero sobre que conviene fijar nuestra consideracion, es

acerca de los medios de picar las piedras. En España, asi como en la mayor parte de los molinos de Francia, las muelas se pican, como suele decirse, á *golpes perdidos*, esto es, á la *ventura* ó *salpicadamente*, sin observarse ninguna disposicion regular en las desigualdades de que se eriza su superficie. En algunos molinos de las cercanías de París, la superficie de las muelas está picada, de modo que presenta pequeñas canales dirigidas de la circunferencia al centro, pero en direccion curvilinea, y siendo mas anchas hácia la circunferencia que hácia el centro. La disposicion adoptada en Inglaterra para estas canales, parece preferible. Ella está indicada (figura 92 lám. 6), en que *A* es la muela fija, y *B* la muela que gira ó *corredera*. Se ve que las superficies de las dos muelas presentan canales dispuestas del mismo modo, las cuales se cruzan cuando una de las muelas se coloca sobre la otra, lo que ayuda á la molienda del trigo. Las canales deben tambien ser trazadas en virtud del sentido del movimiento de rotacion de la muela superior. Las muelas representadas en la figura, se reputan pertenecer á un molino que gira á mano derecha. Para un molino que gira á mano izquierda, las canales deberían estar trazadas en el sentido contrario.

Todas las especies de piedras no son propias para hacer las muelas. En España se hacen generalmente de *calizas compactas* de color blanco para sacar pan bueno; y para el pan bazo se usan de piedras graníticas ó calizas agrisadas. En Inglaterra, se han ocupado mucho de los medios de reemplazar las *piedras de molino* que ántes sacaban de Francia, sea descubriendo canteras de piedras semejantes, sea componiéndolas artificialmente. Se encuentra un procedimiento sobre este particular descrito en el tomo 7.° del *Repertory of arts and manufactures*. Consiste en formar una muela de tierras arcillosas y silíceas que se hacen cocer durante veinte y cuatro horas á un fuego un poco mas fuerte que el de los hornos de cal. Conviene añadir cerca de $\frac{1}{7}$ de tierra calcárea ú otras sustancias, propias para servir de fundente, y para hacer tomar á la piedra la semivitrificacion que la hace propia para el efecto que han de producir. Se ha propuesto tambien hacer las muelas de fierro fundido.

400 Ya hemos indicado el modo con que se hace la molienda en las tahonas de Madrid; pero este no es general para toda España, y hay diferentes usos sobre este particular. Todos los métodos se pueden reducir á dos principales: la *molienda que se hace de una sola vez*, que en Francia llaman á la *grosse* que es la mas antigua, y hasta estos últimos tiempos la mas generalmente seguida, y que

se halla tambien mas generalizada en España; y la *molienda económica*, empleada hace mucho tiempo en secreto por algunos molineros de las cercanías de París, pero que no se ha hecho pública y no ha principiado á estenderse sinó en 1760. La diferencia esencial de estos dos métodos consiste en que, por el primero, el trigo solo pasa una vez por debajo de la muela, mientras que en la molienda económica se vuelven á remoler las partes mas gruesas que se separan al cerner, y que en España se denominan con las palabras *moyuelo*, *cabezuela*, *y granillo*. La ventaja de esta última molienda se ha comprobado por numerosos y auténticos esperimentos, y es bien reconocido que no haciendo pasar el trigo sinó una sola vez por debajo de la muela, por una parte se tiene una harina de inferior calidad, porque es necesario someterla á mayor presion, y por otra se deja en el salvado una porcion de harina que podría ser estraida por una segunda molienda.

Para moler el trigo se empléan muelas de diferentes magnitudes. Las de las cercanías de París tienen como unos 7 pies españoles de diámetro. En Inglaterra no tienen, comunmente, sinó unos 5 pies españoles. Las mayores muelas parecen ser las mas ventajosas. El peso de las muelas parece debe ser proporcional á su superficie; y en virtud de varios resultados obtenidos por diferentes observadores y en diferentes paises, *Mr. Navier* en la nota (di) pág. 402 de la Arquitectura Hidráulica de Belidor, dice: "Se puede admitir que la carga sobre cada metro cuadrado de la superficie de la muela, debe ser por término medio de 850 quilogramas. Lo que traducido á nuestras pesas y medidas, nos dice que *puede establecerse como término medio, que cada pie español cuadrado de superficie de la piedra debe estar cargado, á causa del peso de la piedra, que hace de corredera, con un peso de 143 libras españolas.*

401. La velocidad mas conveniente para la muela es un elemento importante del establecimiento de los molinos. Las 60 vueltas por minuto que indica *Belidor* (artículo (638), deben entenderse de las muelas que tienen 7 pies españoles de diámetro, y corresponden á una velocidad media, es decir, á una velocidad del punto situado á los ½ del radio, de 15 pies españoles por segundo. Esta velocidad en el molino de la Fére, solo era de unos 13 pies españoles. De manera, que estos dos números ofrecen los dos estremos, entre los que el *Arte del molinero* aconseja fijarse. Se deduce de las observaciones de *Mr. Fabre* (*Ensayo sobre la construccion de las má-*

quinas hidráulicas pág. 229) que se puede estender la velocidad media de la muela hasta unos $9\frac{1}{2}$ pies y hasta 12 españoles sin que se queme la harina; que se observa una ligera alteracion cuando la velocidad llega á $13\frac{1}{2}$ pies españoles, y que esta alteracion viene á ser mas y mas considerable, cuando la velocidad aumenta. En una muela de los molinos de Basacle se ha visto, dice *Mr. Marivetz* en la obra intitulada (*Observaciones sobre algunos objetos de utilidad pública* pág. 168) una velocidad de cerca de 22 pies. En virtud de los resultados que presenta *Mr. Fenwick*, á los cuales se da mucha importancia en Inglaterra, una muela de 5 pies ingleses, que equivalen á 5,47 pies españoles de diámetro, trabaja del modo mas ventajoso cuando hace 90 vueltas por minuto, lo que supone en el punto situado á los $\frac{2}{3}$ del radio, una velocidad de 17,18 pies españoles. En virtud de todas estas observaciones, resulta que la velocidad de las muelas es susceptible de variar entre límites bastante estensos. Y como en los cálculos del establecimiento de una máquina se debe contar sobre una velocidad media y no sobre la mayor velocidad que puede tomar sin inconveniente, *Mr. Navier* admite unos 4 metros, que equivalen á unos 14 pies españoles por segundo, para la que conviene al punto de una muela situada á los $\frac{2}{3}$ de su radio.

402 En virtud de los cálculos y observaciones mas juiciosas y exactas, parece que el esfuerzo necesario para hacer girar una muela supuesta, aplicado á los $\frac{2}{3}$ de su radio, se puede valuar segun *Mr. Navier* por término medio en $\frac{1}{22}$ del peso de la muela ó corredera. De aquí, y de lo que precede se sigue que, representando por d el diámetro de una muela valuado en pies españoles, el número de vueltas que ella hará en un segundo, será el cociente que resulte de dividir la velocidad de 14 pies, por la circunferencia que pasa á los dos tercios del radio de la muela; y siendo esta circunferencia los dos tercios de circunferencia esterior de la muela, resulta que el número de vueltas que una corredera, cuyo diámetro es d, hará en un segundo,

estará espresado por $\frac{14}{\frac{2}{3}.3,14159.d}=\frac{21}{3,14159.d.}=\frac{6,6845}{d}$.

Siendo d el diámetro de la corredera, su superficie será, en general (§ 522 cor. 1.° I T. E.) $0,7854d^2$; y suponiendo que el peso de cada pie cuadrado español sea de 143 libras españolas, resulta que el peso de la muela ó corredera estará espresado por $0,7854.d.^2 143=112,3122d^2$ libras españolas; y el esfuerzo á los $\frac{2}{3}$

del radio, será $\frac{1}{22}$. $112,3122.d^2=5,1051.d^2$ libras españolas; y en fin, la cantidad de accion gastada en cada segundo, para hacerla girar, será este esfuerzo multiplicado por la velocidad de 14 pies; luego estará representado por $14.5,1051.d^2=71,47d.^2$ libras españolas elevadas á un pie español.

403 Nos falta saber ahora la cantidad de trigo que se podrá moler gastando esta cantidad de accion. *Mr. Navier* pone los resultados que ha podido recoger de nueve molinos diferentes; y tomando nosotros un término medio entre todos ellos, y haciendo la competente reduccion á nuestras pesas y medidas, tomando 90 libras por el término medio del peso de una fanega española de trigo, resulta que *para moler una fanega de trigo española, se necesita una cantidad de accion equivalente á elevar* 18166 *quintales españoles á la altura de un pie*, ó la misma que producirían 38661 *pies cúbicos españoles de agua, cayendo de un pie español de altura*, que es el valor que se pone en el número 2 de la tabla del (§ 381). Este valor, como se espresa en dicha tabla, es en la molienda en grueso ó de una sola vez, como se hace generalmente en España; y suponiendo que el esfuerzo se ejerce en el árbol que lleva la piedra que gira ó corredera, y se necesita añadir á ella la cantidad de accion consumida por los rozamientos para la trasmision del esfuerzo del motor á este eje. Así es, que el resultado que espresa el número 3 es mayor, porque se supone en el eje de la rueda hidráulica.

404 *Mr. Navier* estima que, para la molienda económica, que consiste en moler y remoler, como por lo general se practica en las tahonas de Madrid, se consume la mitad mas de fuerza; y en este caso resultan los valores que se ponen en el número 4 de dicha tabla.

405 Si observamos ahora que, en virtud de lo espuesto (402), la cantidad de accion que una muela consume en un segundo, se halla espresada por $71,47d^2$ libras españolas, elevadas á un pie, podrémos en virtud de este reconocimiento, espresar qué cantidad de trigo se molerá en un segundo, para lo cual formarémos esta proporcion: 18166 quintales que bajan de un pie de altura, hacen moler una fanega española de trigo; pues $71,47d^2$ libras, elevadas á un pie ó $0,7147d.^2$ quintales elevados á un pie ¿cuanto molerán? y resulta ser $0,00004d^2$ de fanega, y como esta la suponemos de 90 libras, resulta que en un segundo se molerán $0,0036d^2$ libras de trigo.

406 *Mr. Navier* pone en la pág. 405, de la *Arquitectura Hidráulica de Belidor* una tabla construida en virtud de las bases que acabamos de establecer, la cual parece susceptible de poderse em-

plear útilmente al establecer los molinos de trigo. Dicha tabla, hecha la reduccion á nuestras pesas y medidas, es la siguiente:

Diámetro de las muelas espresado en	Peso de las muelas espresado en	Número de vueltas por segundo.	Cantidad de accion gastada por segundo espresada en		Cantidad de trigo molido por segundo espresado en
			Quintales españoles elevados á un pie español de altura.	Pies cúbicos de agua elevados á un pie español de altura.	
Pies españ.s	Libras esp.s		Quint.s esp.s	Pies cúbicos de agua.	Lib.s españ.s
3,589	1451,898	1,91	52,109	110,870	0,0475
3,948	1756,188	1,81	68,492	145,728	0,0575
4,307	2088,734	1,72	89,814	191,090	0,0684
4,666	2451,708	1,62	115,230	245,170	0,0803
5,025	2842,938	1,53	142,145	302,436	0,0931
5,384	3262,424	1;43	176,170	374,830	0,1069
5,742	3714,512	1,34	211,727	450,483	0,1216
6,101	4192,682	1,24	255,755	544,160	0,1373
6,460	4601,281	1,14	299,085	636,351	0,1539
6,819	5238,135	1,05	356,191	757,853	0,1715
7,178	5802,245	0,95	417,758	888,847	0,1900
7,537	6398,764	0,86	479,910	1021,851	0,2095
7,896	7022,579	0,76	554,785	1180,394	0,2299
8,255	7652,824	0,67	634,182	1349,366	0,2513

407 Se debe notar que las valuaciones precedentes convienen á la molienda que se hace de una sola vez; y deberá tenerse presente que en la molienda económica hay cerca del tercio del tiempo del molino empleado en remoler la cabezuela, moyuelo &c.

Tampoco se debe olvidar que las cantidades de accion indicadas en la cuarta columna de la tabla, se reputa que se ejercen en el eje de la muela, y que se necesita añadir á ellas las consumidas por los rozamientos para la trasmision del esfuerzo del motor á este eje.

Observarémos por último que la valuacion de la cantidad de trigo molida, conviene principalmente á molinos en que solo hay una muela de unas 4500 á 6500 libras españolas, ó muchas muelas equivalentes á esta. Si la muela pesa ménos, los resultados serán menores; y serán mas ventajosos para una máquina mas poderosa, conforme á las observaciones de *Mr. Fenwick*. Con estas noticias, y

teniendo presentes las figuras 115 y 116 de nuestra Mecánica, donde se presentan los mecanismos usados generalmente para comunicar el movimiento de la rueda motriz á la muela, no dudamos que podrá recibir mejoras la construccion de nuestros molinos.

408 Todo lo que hemos dicho hasta ahora, es el resultado de las diligencias que yo he podido practicar en el extranjero, ya pidiendo noticias á los Sabios y gefes de los establecimientos de industria, ya tomando apuntes de las obras impresas tambien en el extranjero, y algunos manuscritos que he podido recolectar. He hecho la reduccion á nuestros pesos y medidas, lo que me há costado unos trabajos inmensos; y á pesar de que todo este se ha hecho con el mayor esmero y escrupulosidad, y de que los datos son los mas rigorosos y exactos que existen en el dia, sin embargo, desearía que en nuestro pais se hiciesen esperimentos oportunos sobre una materia de tanta importancia; de los cuales resultarían ventajas á todos, es decir, á los molineros y tahoneros, á los propietarios y al público en general; pues de ellos se deduciría el modo de sacar mayor cantidad de pan y de mejor calidad de una determinada cantidad de trigo; y repartiéndose esta ventaja entre los propietarios del trigo, entre los panaderos que manufacturan el pan, y los consumidores, todos recibían provecho. Pero debo repetir con dolor que nada he encontrado en nuestros libros que pueda suministrar la mas mínima luz sobre tan importante asunto.

409 Terminarémos esta materia, observando que por el *Estado general que se halla al fin del censo de frutos y manufacruras de España é Islas adyacentes*, correspondiente al año *de* 1799, *impreso en* 1803, resulta que la produccion de todo el trigo de España es 32,949,312 fanegas; y como la potencia motriz que se necesita para moler cada fanega, es equivalente, segun el número 6 de la tabla inserta (381) á la que producirían 94,299 pies cúbicos de agua, cayendo de un pie español de altura, resulta, que *para moler toda la cosecha de trigo de España, se necesitará una fuerza motriz equivalente á la que producirían 3,107,087,172,288 pies cúbicos españoles de agua, cayendo de un pie español de altura*: y como por lo espuesto (§ 48) del libro primero, la cantidad de agua que hay disponible, como potencia motriz, es mas de tres mil y cuatrocientas veces mayor, resulta que, *aunque se aumente considerablemente nuestra produccion de trigo, siempre tendrémos suficiente potencia motriz en el agua para molerle.*

SECCION TERCERA.

Indicaciones generales acerca de los diferentes medios que deberán adoptar los Españoles para sacar mayores ventajas de su produccion de aceite.

410 La leccion XXVI de la recomendable obra de *Don Antonio Sandalio de Arias*, trata del *cultivo del olivo y recoleccion y molienda de la aceituna.* Unas 30 páginas ocupa dicha leccion; y con dificultad se podrá encontrar un escrito que reuna mayor cúmulo de noticias, ni con mas claridad esplicadas: siendo sumamente laudable, el contraerse mas particularmente á nuestro pais, para recomendar las buenas prácticas establecidas, y cooperar á desarraigar las rutinas perniciosas.

Yo hubiera deseado, que las ocupaciones de este acreditado Profesor hubieran sido ménos, y no tan perentorias, para dedicarnos algun tiempo á españolizar las noticias que yo he recolectado; pero como las circunstancias no nos lo han permitido, voy á insertar aquí cuanto en mi concepto es mas útil conocer. Y para conciliar la claridad con la exactitud, subdividiré esta seccion en tres partes. En la primera, pondré los estractos de las obras que he consultado, y que por las noticias adquiridas en virtud de las conferencias con los propietarios é inteligentes, es la doctrina que se reconoce por mas sana; en la segunda, indicaré los diferentes procedimientos que se han conocido para la fabricacion del aceite de olivo; y por último, en la tercera, manifestaré los procedimientos y mecanismos que, en mi concepto, merecen la preferencia: terminando con el cálculo de la cantidad de agua que se necesita, como potencia motriz, para la elaboracion de cuanto aceite produce la España. El separar de este modo las idéas, juzgo que podrá proporcionar á los propietarios ilustrados, el hacer los ensayos oportunos, y decidirse por lo que les produzca mayores ventajas.

Primera parte. *Estracto de las obras mas acreditadas sobre el cultivo del olivo, modo de fabricar el aceite* &c. &c.

411 En 1803 se imprimió una obrita en Marsella, con el título de *Agricultura del Mediodia* por *Andres-Louis-Esprit Sinety* en dos pequeños volúmenes; que en su tiempo fué muy apreciada; pero que ya se considera como antigua.

En la pág. 105 del segundo tomo, hay una seccion, cuyo título

es: *Eleccion de las diferentes especies de olivos*, y dice así: "Se cultivan en el territorio de Marsella muchas especies diferentes de olivos, y se hace buena eleccion de ellos generalmente. Los que prueban mejor, y producen mas, cuyo fruto es bueno para guardarlas en salmuera y comerlas, ó que se deben preferir por la calidad del aceite, son el *Picholin*, el *Espagnen*, el *Aglaudau* ó *Cayanne*, el *Salonen* ó planta de *Salon*, el *Rouget*, y el *Rivier* ó *Mourau*. 1.º La aceituna *picholina* * es gruesa, oblonga, buena de aderezar para comerse: pero es demasiado carnosa para producir mucho aceite; uno ó dos árboles de esta especie bastan en una posesion, á causa de que estas aceitunas no son buenas sinó para comer ó venderse verdes. Y es raro que este fruto, tan fácil de coger y venderse, aproveche al dueño; pues casi siempre las roban.

2.º La *Espagnen*. Su árbol es muy grueso y estendido; su aceituna es la mas larga y la mas pulposa de todas las especies; el aceite es acre, espeso, y por consiguiente de mala calidad: así como la anterior, solo es buena para aderezarse y guardarla para comer; por lo cual se necesitan uno ó dos árboles en una posesion.

3.º La *Aglaudau* ó *Cayanne*. Su árbol tiene una bonita forma redonda y de mediano tamaño; el verde de sus hojas es pálido, y y da fruto casi todos los años. La aceituna es pequeña, pero un poco gruesa, y mejor redondeada que la Salonen; da un aceite muy fino, se adhiere mucho al árbol, y esta es una ventaja preciosa, porque cae ménos cantidad antes que se cojan. Este árbol exige una poda frecuente; prospera mejor que las otras especies sobre las alturas, y terrenos secos.

4.º El *Salonen*, ó planta de *Salon*, tiene sus hojas largas y blanquizcas; sus ramas son rectas; la aceituna es pequeña ó mas bien mediana y algo prolongada; da un aceite un poco graso, que, sin embargo, clarificándose en la vasija, viene á quedar limpio, y de buena calidad, produciendo mucho aceite.

5.º El *Rouget*, llamado en otro tiempo *Sayerne*, tiene sus ramas derechas, sus hojas muy grandes y de un verde oscuro; el árbol es bien redondeado; su madera, aunque se envejezca, permanece largo tiempo con la corteza lisa; es de un gris claro, La aceituna, en su madurez, es de un rojo que tira á violado oscuro **; tiene la

---

* Esta es la tercera variedad de que habla el Señor Arias.

** Segun las noticias que yo he podido adquirir, este olivo, que da el fruto morado, lo designan en Cataluña bajo la denominacion de olivo ***arbequin***, por criarse en Arbeca partido de Urgel. Parece que da poco

forma de un peon ó trompo, que termina en una punta que se desprende fácilmente. La aceituna madura está cubierta de una especie de lustre ó barniz á que se suele llamar *flor*, como las ciruelas.

6.º El *Ribier* ó *Mourau*, cuyo árbol es muy copudo, de anchas hojas y firmes, y mas redondas que largas, de un verde moreno oscuro, se despoja fácilmente de ellas, y aun las renueva; hace mucha sombra; la aceituna se pone negra muy temprano; es redonda y blanda; requiere cogerse ántes que las otras, porque se cae fácilmente al primer viento y se arruga al primer frio.

La *Aglaudau* ó *Cayanne* y el *Rouget* son las dos especies que convienen mejor en los terrenos secos, ligeros y sobre las colinas y laderas."

414 Otra de las obras que me recomendaron mucho los inteligentes, y que adquirí, es la intitulada *Ensayo sobre los medios de regenerar la Agricultura en Francia, y mas particularmente en los departamentos del mediodia.* Por J. S. *Lardier*, impresa en Marsella en 1820. En el tomo 1.º pág. 40 dice: "El medio de sacar igualmente del orujo del olivo una gran ventaja (como abono), es mezclarle con cal apagada, que hace disolubles en el agua las sustancias aceitosas, y las prepara por consiguiente en un jugo de que se alimentan las raices de las plantas. Se hace esta mezcla poniendo una parte de cal con seis partes de orujo de las aceitunas.

Pág. 107. Art. 4. » *Agua de los infiernos* *. Todo el mundo sabe que el aceite se halla en la aceituna mezclado á una cantidad de agua de vegetacion mas ó ménos grande, segun la especie y el grado de madurez de este fruto; que, despues de estraerlo por la presion, se reune en una pila de piedra ó de madera, quedando el aceite nadando sobre el agua; que este se echa despues en un depósito subterráneo llamado *infierno*, practicado á este efecto; que hácia el fin del estío aun se eleva aceite que se ha desprendido sucesivamente; yendo despues el agua á un rio pequeño, donde se pierde para la agricultura; sin embargo, tenemos la certidumbre de que esta agua, tanto por su naturaleza pútrida, como por un resto de aceite, de que no se le ha podido despojar, es uno de los mejores abonos que se pueden aplicar á las tierras, con especialidad á

---

aceite; pero es de muy buena calidad y produce todos los años; y como no es muy alto, reune la ventaja de causar poco perjuicio con su sombra. Este parece ser el *erbequin* de que habla el Señor Arias.

* Los Franceses llaman *esperanza* al depósito donde va á parar el aceite en los molinos, y llaman *infierno* al depósito en que cae el alpechin.

las arcillosas, y puede servir para mejorar los otros estiércoles, incorporándose con ellos por medio del regadío.

»Cuando se han vaciado estos depósitos, queda en ellos un sedimento muy negro y de los mas fétidos, cuya accion siendo mas poderosa aun, que la del agua que sobrenadaba, tiene necesidad de ser templada por la adicion de una buena cantidad de agua. El agua de los molinos (*à rescense*), como si dijéramos, de *apurar*, produce sobre poco mas ó ménos los mismos efectos. Se pueden regar con ella los prados en el invierno; pero no cuando las plantas están en vegetacion, porque las quemaría."

413 En el tomo 4.° de dicha obra, pág. 157 se trata del olivo, y principia de este modo: "El olivo, que forma una de las principales riquezas de los mas hermosos paises de la Francia, lo trajeron á Marsella los Foceos, que fundaron dicha ciudad. En el departamento del Var se cultivan 19 variedades de olivo; en el de las Bocas del Ródano 10; en los Bajos Alpes 5; en el de Vaucluse 3; en el del Gard 3; en el de l'Herault 6; en el del Aude 2; y en los Pirinéos orientales se cuentan unas 7 ú 8 variedades."

Se sienta por principio en dicha obra, que el olivo corre riesgo siempre que el termómetro desciende á 7 ú 8 grados debajo de cero.

414 Pág. 205. "En los departamentos del mediodia de la Francia se fabrican dos calidades de aceite muy diferentes, á saber; aceite fino destinado para la mesa, y aceite comun empleado en las artes. El mejor aceite de comer se hace en el departamento de las Bocas del Ródano, y con mas ó ménos cuidado en cada distrito. El de *Aix* es el mas nombrado y pasa por ser el mas fino: sin embargo, sería muy posible fabricarle de mejor calidad, y he aquí los medios que se deben emplear para conseguirlo.

»Los aceites varían singularmente segun las especies de olivos, la naturaleza del terreno, la esposicion en que se hallan colocados; y la edad (pone por nota: No hablamos del clima, porque pensamos que no tiene ningun influjo sobre la calidad del aceite fino, y que se le puede fabricar tal en todas partes donde hay la variedad de olivos que lo da). Así, en este estado de cosas se debe: 1.° elegir las aceitunas que provienen de los olivos mas viejos, colocados sobre laderas en un terreno ligero, pedregoso y á la esposicion de mediodia ó de levante, y cuya especie ó variedad produce naturalmente el aceite mas fino. 2.° Coger la aceituna limpiamente con la mano, en el momento en que mudan de color y empiezan á enrojecer (pone por nota que todos los frutos ganan quedando en el árbol; pero

no sucede así con las aceitunas); llevarla al molino el mismo dia ó el inmediato para molerla, sin amontonarla, como se practica para hacerla fermentar. 3.° Renovar todos los años los capachos, que contribuyen á deteriorar el aceite cuando se hacen servir muchos años de seguida: (Los que hayan servido para los aceites finos pueden servir para los de peor calidad). 4.° Antes de servirse de ellos, lavar muchas veces con agua hirviendo, la muela, ó volandera y los depósitos ó pozos. Los antiguos, deseando procurarse un aceite de buena calidad, cogían con guantes la aceituna. Despues de haber sacado el aceite, que se puede llamar *superfino*, se vuelve á moler la pasta y con el auxilio del agua hirviendo, se vuelve á esprimir, pero este es de inferior calidad. Al principio, para que el agua deposite las materias estrañas mas groseras, es necesario ponerlo en paraje caliente, y que allí permanezca tres ó cuatro dias; luego se trasiega siempre á la misma temperatura, donde se deja reposar un mes; despues del cual se pone en damajuanas, que deben estar colocadas durante el estío en un parage fresco, sin estar húmedo, y donde las heladas no puedan penetrar. En el mes de mayo siguiente se trasiega en vidrio, pues el aceite se bonifica en el vidrio.........Debe hacerse uso de damajuanas ó castañas de vidrio negro, dejando poco espacio entre el aceite y el tapon, cerrándolo con betun para impedir que se vaya el aroma."

415 Pág. 295 «El olivo es acaso, entre todos los árboles conocidos el mas vivaz por sus raices: y aunque *Teofrasto y Plinio* le dan solo dos siglos de existencia, parece que es mayor su duracion. Lo que hay de cierto es que cuando todo principio de vida parece apagado en él, ya por las heladas, ya por una enfermedad, ya por su vetustez, hay un medio muy sencillo de hacerle revivir; el cual consiste en arrancarlo con la cepa y en descubrir las raicillas sanas que quedan en tierra, para que reciban la accion del aire y de la luz, que le hacen bien pronto brotar hermosos retoños..........por este medio se prolonga de tal modo la duracion, que viene á ser imposible señalar su término."

416 En la obra cuyo título es: *Leyes fundamentales de la naturaleza sobre los semilleros ó plantaciones por* J. S. *Lardier* impresa en Marsella en 1825, á la pág. 289 dice así: «El olivo silvestre habiéndose burlado por todas partes de las heladas de 1789 y de 1820, á causa de la dureza de su madera, se elegirán sus frutos para semilla, y se injertarán sobre ellos las buenas variedades que han sufrido ménos por dichas heladas."

417 En estos últimos tiempos se ha principiado á publicar en Marsella un periódico bajo el título de *Anales Provenzales de Agricultura práctica y economía rural*, cuyo Autor es *Mr. Toulouzan*, á quien tengo el honor de conocer, así como á *Mr. Feissat* librero en Marsella, que tambien escribe algunos artículos en dicho periódico, del cual estractarémos lo que mas convenga á nuestro intento.

En el N.º 6 correspondiente al mes de diciembre de 1827, se pone un artículo sobre *la recoleccion y preparacion de las aceitunas*, en que se dice, »En un clima como el de la baja Provenza, la tierra nunca deja de producir. Las cosechas se suceden en todas las estaciones; los forrages y las legumbres en la primavera; los cereales, alcaparras y alcaparrones en estío; los higos, las pasas, el vino y toda especie de frutos en el otoño; las aceitunas y naranjas en el invierno; sin contar los productos de la horticultura, que son de todos los dias del año. Estas rotaciones ó alternativas contínuas para las cosechas exigen otra para los trabajos.

......»Las variedades de olivos son demasiado numerosas en la babaja Provenza, para que pensemos en examinarlos separadamente. Bajo un punto de vista general, se pueden dividir en dos clases. La primera comprende los olivos de frutos carnosos, que son de un negro rojizo mezclado con manchas verdes á su madurez. En esta clase entran el *Cayanne*, el *Aglaudau*, el *Salonen*, la *Saurine* y el *Plant d'Eyguieres*.

»Los árboles en general, pequeños ó medianos, se plantan sin alineacion, y el fruto se coge con la mano. Se destinan generalmente para fabricar los aceites destinados á la mesa, de los que hay muchas calidades. Los de *Aix* están en la primera línea; pero bajo esta denominacion es necesario entender no solo los aceites recolectados en el término de dicha villa, sinó aun los de toda la region occidental del departamento, que pasan tambien por aceites de Aix. La parte oriental, que comprende el territorio de Marsella, produce tambien aceites para comer, que se reputan de una calidad inferior á los de Aix.

»El carácter esencial de estos aceites es tener un gusto al fruto, al cual se da mucho valor en Provenza; pero que se mira como un defecto por los demas consumidores de Francia. Este gusto del fruto tiene por elementos un aceite esencial y un principio estractivo, que no se puede obtener sinó de las aceitunas verdes, y que desaparece á la madurez del fruto. De aquí resultan muchos inconvenientes que

disminuyen el número de los consumidores. El aceite esencial comunica una acritud que no desaparece sinó despues de mucho tiempo; el estractivo, ademas de la amargura que le es propia, se precipita y forma siempre un depósito mas ó ménos considerable en las vasijas; en fin, hay una gran pérdida, tanto para el propietario, que por conservar el gusto del fruto, recoge su aceituna ántes de la madurez, lo que le priva, segun los esperimentos hechos, de un quinto de su aceite, como para el comprador, que sufre una diminucion siempre creciente por el depósito del estractivo. Por esta causa los aceites de Aix no tienen casi pedido en lo interior de la Francia, y prefiéren los de *Port-Maurice* y aun los aceites finos comibles del departamento del Var.........aconsejamos á los propietarios que cojan la aceituna en un estado perfecto de madurez. A medida que se ha recogido, es necesario llevarla al molino, y molerla de seguida con el mayor cuidado, que los lugares y las circunstancias permitan.

» En *Mouries*, sobre todo el molino de *Mr. Recoile*, es el que se debe proponer por modelo *. Cogiendo las aceitunas maduras, no solo se obtiene mas aceite, sinó tambien este es de una venta corriente y se conserva mucho sin alteracion y sin depósito."

Propone, para estraer el aceite solo de la pulpa un molino de mano semejante á los de moler el yeso ó á los de harina, sin mas diferencia que estar mas distante la corredera, pesar ménos y ser de lava porosa; nosótros lo representamos (fig. 93 lám. 6.ª). Despues dice: "En el aceite estraido de la aceituna, es necesario distinguir al ménos tres especies muy diferentes: 1.ª el del fruto, que es graso, desabrido, dispuesto á congelarse al mas ligero descenso de la temperatura y poco susceptible de contraer el gusto de rancio; 2.ª el del hueso **, picante, y pronto á enranciarse, tiene mu-

* Yo lo he reconocido; y los medios, que propondrémos en adelante en la tercera parte de esta seccion, juzgamos que son preferibles.

** Algunos opinan que el hueso no produce aceite, como puede verse en la citada leccion del Sr. Arias. Pero con este motivo no puedo ménos de insertar aquí un hecho que está reconocido por verdadero, y que casi todos los dias se presenta á nuestra vista en el invierno; y es que el aceite de olivo consta de dos sustancias, que la una se solidifica á unos 6 ó 8 grados y aun á 10 sobre cero, y que otra permanece líquida aun á 6, 8 y mas grados debajo de cero. Así es, que cuando la temperatura de la atmósfera dista mucho de la del hielo, vemos en nuestras mesas que el aceite pierde su trasparencia, y forma granos ó partes sólidas, que sobrenadan en el líquido. Las unas deben ser las que resultan del aceite de la pulpa y las otras del que proviene de la almendra; y el pasar el aceite en este momento por un simple tamiz ó tela, podrá servir para separar estas dos sustancias, y emplear cada una en el uso á que la esperiencia dé á conocer que es mas adecuado.

cha analogía con el de nuez; 3.ª el de la almendra, que es en todo parecido al aceite de almendras dulces, salvo un gusto de amargo que conserva siempre..........de este modo, se estrae solo el aceite del fruto, que es el mas apreciado de todos; y tanto mejor, cuanto el aroma que da este gusto del fruto, que se ansia tanto en Provenza, reside únicamente en la película.

»Si se recoje la aceituna antes de su madurez, este aroma demasiado abundante viene á ser un aceite esencial muy acre, que altera las buenas cualidades del aceite del fruto..........es pues importante coger las aceitunas en el momento en que llega su madurez....... se procura un molino á brazo como el que sirve para moler el yeso.. ....análogos á los del trigo.................................. la pasta cae por sí misma en virtud del movimiento de rotacion, á medida que caen nuevas aceitunas por el apoyo de la muela superior..........................Esta pasta se pone en una pequeña cuba de piedra que debe estar agujereada en la parte inferior y cubierta de una plancha. Se carga esta con un peso conveniente y la presion hace caer el aceite que se recoge en vasijas. En cuanto al orujo, se mezcla con las aceitunas que se llevan al molino, porque contiene todavia mucho aceite. El que se obtiene por este procedimiento cuesta poco; porque su preparacion es el pasatiempo de la familia en las noches largas del fin de otoño; conserva el perfume del fruto, sin tener su gusto, y permanece con el mismo sabor y con la misma limpieza, durante muchos años, con tal que se tenga en vasijas cerradas.

»La segunda clase de olivos es la que da frutos picudos, poco carnosos, que no están sujetos á podrirse, ni á que los ataquen los gusanos, y que se hallan tan asidos al árbol, que es necesario un cierto esfuerzo para que se desprendan. Los signos de madurez, son el color de un negro oscuro y el marchitarse la película. Los frutos de esta clase de olivos, deben cogerse en perfecta madurez.................como los árboles son muy grandes...................se varean; trabajo largo, penoso, arriesgado, y que presenta ademas el inconveniente de derribar los cogollos tiernos de los árboles y disminuir por consiguiente el producto de las cosechas que siguen. Este inconveniente es grande, y el medio que indican algunos agrónomos de rebajar poco á poco los olivos por la poda, dejándoles tomar en ancho lo que pierden en alto, no disminuyen en nada la dificultad; pues el cogerla á la mano será costoso y es necesario siempre recurrir á varearla. Lo mejor, que hay que hacer, es dejar madurar el fruto completamente, como se practica en toda la ribera de Génova, en Calabria, en el

levante y en todas las partes donde crecen los grandes olivos que suministran aceites grasos. En este estado de madurez, las aceitunas caen por sí mismas al menor viento, y se puede ayudar esta caida natural, sacudiendo las ramas de los árboles. Debo añadir que estas especies de aceitunas son de algun modo inalterables en su parte aceitosa. Pueden quedar sin temor en el árbol ó en tierra; las heladas y la humedad no les quitan una sola gota de aceite. Al contrario, exigen una especie de maceracion preparatoria.

»El almacenar la aceituna en fosos llamados vulgarmente *Luegos*, donde se apretaban con una piedra que giraba y permanecían así todo el invierno..................... esto haría el aceite demasiado fuerte para los usos domésticos, y tampoco era bueno para las fábricas y demas necesidades de la industria. Pero este método pecaba por esceso, y el que se sigue ahora peca por defecto. Por todas partes se apresuran á coger la aceituna ántes de su madurez; destrozan el ramage de los árboles para derribarlas mas prontamente; apenas se cogen, se llevan al molino, y si no se muele inmediatamente, se quejan los propietarios de que este retraso les perjudica. Así, está en la naturaleza del hombre el pasar bruscamente de un estremo al otro. Lo que se perdía en otro tiempo en calidad, se pierde hoy en cantidad; porque la aceituna, ántes de su completa madurez, no tiene todo el aceite de que es susceptible; y ademas, su aceite contiene jugos estraños, que, por depósitos sucesivos, quitarán á los compradores una parte de sus ganancias, si estos últimos, ilustrados por la esperiencia, no hiciesen recaer esta pérdida sobre los vendedores, disminuyendo su precio en proporcion de su desperdicio.

»Ya es tiempo de que se raciocine un poco mejor sobre los productos agrícolas. En el ínterin que describimos las operaciones de la molienda de la aceituna, de la preparacion de los aceites y de todo lo que tiene relacion con esta importante cosecha, creemos útil á nuestros cultivadores reasumir en términos precisos las observaciones contenidas en este artículo. En general, todas las variedades de olivos, que crecen en la Baja-Provenza, pueden distribuirse en dos clases. Los unos, pequeños ó medianos, crecen de preferencia en el departamento de las Bocas del Ródano, y producen frutos carnosos, rojos en su madurez, espuestos á que los gusanos los ataquen y á podrirse. Los otros, que pueden colocarse entre los árboles de monte alto, se cultivan generalmente en el departamento del Var, y dan frutos picudos, pequeños, negros, arrugados á su madurez y

susceptibles de ser conservados en todos los parages sin sufrir ninguna alteracion.

»Las aceitunas carnosas deben cogerse á la mano, al instante que han adquirido un color rojo amoratado, signo cierto de una madurez suficiente. Luego que se han cogido, es necesario llevarlas al molino y convertirlas en aceite lo mas pronto posible. Las de los otros no se pueden coger á la mano, porque los gastos serían considerables; no se deben varear, como se hace comunmente; sinó que conviene esperar que caigan por sí mismas, lo que sucede, cuando están negras y arrugadas, es decir, en su mayor grado de madurez. Basta entónces, para hacerlas caer, la accion de los vientos que soplan bastante frecuentemente en esta estacion; y en caso necesario, se puede suplir meneando las principales ramas. Las mugeres y muchachos recogen la que se cae de los árboles, y hasta que toda se haya recogido, no se lleva al molino. Entretanto, se conservan en graneros, estendiéndolas sobre el suelo en una capa de unas 2 á 3 pulgadas de grueso, revolviéndolas todos los dias con una pala. Y cualesquiera que sean las circunstancias, debe estar uno persuadido de que mientras mas se tarde en molerlas, mas provecho se tendrá, ya por la cantidad de aceite comparada con el volúmen de la aceituna, ya por su calidad.

»Estas precauciones, que son necesarias para las aceitunas pequeñas ó picudas, ántes de molerse, son aplicables respecto de las aceitunas carnosas, á la molienda misma. La naturaleza ha destinado á estas para dar aceites comibles ó de mesa; las cualidades que en estos se deséan, dependen principalmente del esmero que se tiene en su preparacion. Las otras, al contrario, dan aceites crasos, propios para la fabricacion de los jabones, para la preparacion de los paños y otros usos de la industria. Basta, pues, vigilar para que los medios empleados en la molienda y presion sean los mejores posibles en cuanto á la cantidad de aceite que se debe obtener, mientras que para las aceitunas carnosas toda la atencion se debe poner acerca de la calidad.

»Esta diferencia, entre los dos géneros de aceituna, puede conducir á métodos de moler y prensar enteramente opuestos. Para las aceitunas carnosas conviene hacer tres operaciones sucesivas, que, aumentando gradualmente la presion, dan los aceites de comer de tres calidades: los superfinos, los finos y los comunes. Para las otras aceitunas pequeñas ópicudas convendría una sola y misma operacion."

418 En el número 8 de dichos Anales, hay una carta de *Mr. Si-*

nety á *Mr. Toulouzan*, en que se dice. Página 300. "Nadie duda, que el aceite, que contienen el hueso y la almendra de la aceituna, es perjudicial á la calidad del que produce la carne de este fruto. La razon se conforma con la esperiencia para convencernos de ello. En virtud de esto, nuestras investigaciones deberán dirigirse á los medios mecánicos, propios á separar la carne del hueso, aunque esto sea imperfectamente. Es cierto que la dificultad es grande, pero yo no la creo insuperable. Entónces nada mejor: se separará precisamente el fruto de su hueso; se sometería esta pasta á la presion, y el producto sería sin duda alguna, un aceite perfecto. Se molería despues completamente este orujo, y se obtendría de su segunda presion con el agua hirviendo un aceite de segunda calidad.

»El producto de la primera presion se hace en frio. El agua hirviendo, de que se hace uso en la segunda presion, altera prodigiosamente la calidad del aceite; y sin embargo, su empléo es inevitable para obtener de la aceituna el mayor producto posible: luego, separando el aceite producido por la presion en frio, se tendrá un aceite vírgen infinitamente superior, y no dudo en asegurar que esta presion suministra la mayor parte del que contienen las aceitunas: la segunda presion calentada suministra muy poco: yo he hecho el esperimento este año. Hay ocasiones en que el aceite se separa muy fácilmente del orujo, y entónces se le obtiene casi todo á la primera presion. Otra observacion que debo hacer es, que el aceite así obtenido sin el socorro del agua hirviendo, es mucho ménos limpio. Permanece turbio hasta que haya formado su poso, pero esto se consigue en unos 7 á 8 dias. Al cabo de este término, ó 10 dias á lo mas, trasegándolo, se tiene un aceite perfecto.

»No veo, pues, hasta ahora medios mas seguros de obtener, por los procedimientos de la fabricacion conocidos, el mejor aceite posible, que el que yo acabo de indicar, y que reduce á dos las diferentes calidades de aceite, que se deben estraer, escepto que se llegue á separar la carne de la aceituna de su hueso por medios mecánicos simples y poco dispendiosos para la fabricacion. Esto sería, en mi concepto, el *nec plus ultra* de los resultados que se pueden esperar en este género de producto agrícola; y esto es, á lo que se deben dirigir todos nuestros esfuerzos, ó investigaciones."

419 En la página 305 del mismo número hay el siguiente artículo: *De los medios para obtener de la aceituna mayor cantidad de aceite*, *por Mr. H. Laure*, en el cual se dice................. «no sé que se hayan ocupado mucho de los medios que se deben emplear

para hacer producir á la aceituna todo el aceite que puede dar. Voy á ensayar penetrar en las tinieblas que cubren aun esta materia; feliz yo si puedo hacer salir de ella una chispa de luz y obtener el sufragio de mis conciudadanos. Debo ante todas cosas decir, que mis observaciones me han demostrado: 1.º que las aceitunas de un árbol, cultivado sobre el terreno calcáreo, dan mas aceite que las de un olivo, aunque de la misma especie, sobre terreno granítico, y estos mas que las cogidas sobre el terreno pizarroso *. 2.º Que las aceitunas de las laderas son mas productivas que las del llano............ 3.º Que la corta cantidad de aceituna, que da un árbol, que no tiene el suficiente cultivo, es mas productiva que la de un olivo bien cultivado, y hecho fértil por abonos y labores. 4.º Que la aceituna recogida en los años, en que no las ataca el gusano, producen infinitamente mas, que cuando son devoradas por este insecto.

»Establecido y reconocido el principio, de que existen causas, independientes de la industria humana, por las cuales las aceitunas son mas ó ménos productivas, es útil examinar si sacamos de la aceituna todo el aceite que puede dar.

»*Mr. Bonarie*, agrónomo distinguido, ha manifestado en una Memoria inserta en la mayor parte de los periódicos agrícolas, que no se sacaba en Francia de la aceituna todo el aceite que puede suministrar. Se ha asegurado, segun dice el mismo, de que rociando la aceituna con vinagre, se obtiene la décima parte mas. Este descubrimiento pareciéndome estremamente ventajoso, me apresuré á ensayarle por el placer que tengo en ser útil á mi pais. El resultado me persuadió bien pronto de que este es un error completo................y que el método mas seguro, el mas fácil de emplear para hacer dar á nuestra aceituna todo el aceite que contienen, es conservarlas durante un cierto tiempo, amontonadas y apisonadas para impedirlas el enmohecerse, enardecerse, fermentar, y por consiguiente, no conviene llevarlas al molino inmediatamente despues de haberlas cogido.

»Si se toma una aceituna en el momento en que este fruto principia á colorear, y se comprime entre los dedos, despues de haberla abierto, corre un licor blanquecino en medio del cual sobrenadan algunas ligeras partecillas de aceite. Si se repite este esperimento, cuando la aceituna está negra enteramente, el licor que sale es de un blanco rojizo; ofrece mas consistencia y se advierte mayor cantidad de aceite. En fin, si se abre una aceituna, cuando, por esceso

* Segun la opinion del Sr. Arias, los olivos del terreno pizarroso deben dar mas producto que los del granítico.

de madurez, se arruga y se encuentra en el estado de poderse comer sin que el gaznate se afecte de la acrimonia que se encuentra en este fruto, cuando no está bien maduro, no sale ningun líquido, y comprimiéndola, resulta un aicete claro y limpio.

»En el primer estado, la aceituna no ofrece sinó una agua lechosa, un mucílago que con el tiempo se habría trasformado en aceite. Las aceitunas cogidas en este estado, y llevadas en seguida al molino, no dan sinó una muy pequeña cantidad de aceite. Las aceitunas negras, que se acercan á su madurez, contienen mayor cantidad; pero no producen aun todo el que pueden dar. De donde infiero que las aceitunas cogidas, ántes de su perfecta madurez, no se deben llevar al molino sinó algun tiempo despues de haber sido recogidas.

»Las aceitunas que han llegado á su completa madurez, no conteniendo ya mucílago, podrían molerse, en caso de necesidad, inmediatamente despues de haberlas recogido; pero como en este estado ellas son buscadas y devoradas por una infinidad de animales, que son tanto mas apetecibles para ellos cuanto mas maduras están, y que por otra parte ellas no adquieren este estado completo de madurez, sinó cuando, caidas del árbol que las ha producido, permanecen un cierto tiempo sin ser recogidas, es raro aguardar á que se encuentren en dicho estado para recogerlas. Por esta causa, es importante el no llevar la aceituna al molino, sinó cuando se cree que pueden dar todo el aceite que se hallan en el caso de producir...... Y pues que hay precision de conservar durante algun tiempo, ántes de llevarlas al molino, las nueces, y las semillas de que se estrae el aceite, ¿no es igualmente necesario hacer lo mismo con las aceitunas, y sobre todo con la que el viento hace caer ántes de su madurez? ¿Cuánto tiempo, se dirá, es necesario guardar la aceituna para que su mucílago se convierta en aceite? tanto como se pueda, responderé yo, con tal que se quiera velar en su conservacion, es decir, cuidar de que no fermenten. Se sabe que, ántes de la construccion del gran número de molinos de aceite, que ahora existen en Provenza, la aceituna de una cosecha alcanzaba á la de la inmediata; y he oido decir muchas veces á nuestros viejos, que esta aceituna, molida durante el estío, producía una cantidad infinita de aceite, y tal que no se tiene ya ejemplo, desde que la aceituna se muele durante el invierno que sigue á su madurez. Esto basta para demostrar que la aceituna, para dar todo el aceite que encierra, no se debe moler al momento en que se recoge. Esto se comprobó por un esperimento hecho en 1823...... Se preserva la aceituna de la fermentacion, reuniéndola, como se acos-

tumbra en las cercanías de Toulon &c., en un volúmen tan pequeño como sea posible, por el efecto de pisotéo; mientras mas espesor tenga la masa de aceituna, así dispuesta, se conserva mejor. Esto es fácil de concebir; porque el aire penetra mas difícilmente...... El aceite, que de esto resulta, es fuerte y raras veces comible, y tiene olor de rancio. Para conservar la aceituna, sin que fermente, no hay mas que comprimirla con cuidado cada noche. Para esto, no es necesario sinó cubrirla con una estera y pisotearla durante algunos minutos. Por lo demas, yo tengo una observácion que me confirma en que las aceitunas recogidas, despues de tres ó cuatro meses, dan un aceite comible, si uno se quiere tomar el trabajo de encerrarlas en cajones ó cubas abiertas por arriba, de pisotearlas al ménos un dia sí y otro no, cubriéndolas con una estera, para resguardar las que están encima, de la accion del frio, que causa tanto perjuicio al producto de las aceitunas como la fermentacion *."

420 El primer artículo del número 10, de los espresados Anales, contiene *Observaciones generales sobre los olivos de la Baja-Provenza.*

"1.ª *Observacion.* Todas las variedades de olivos de la Baja-Provenza se refieren á dos tipos, que ya he señalado en mi artículo sobre la recoleccion de la aceituna. Importa hacer esta distincion, porque los métodos de cultivo deben ser diferentes y aun muchas veces opuestos.

» Los olivos de fruto negro, pequeño y picudo, los trajeron de Italia los Romanos. El pais granítico y pizarroso que ocupa todo el litoral del Departamento del Var, es donde se aclimataron primero. Poco á poco se ha estendido en toda la region intermedia hasta el punto en que el calcareo alpino está debajo del calcareo del Jura. En esta region, los olivos de fruto negro han adquirido mas desarrollo que en el pais pizarroso. Son fuertes de madera y débiles de hojas. El árbol es alto y soberbio; pero no da cosecha sinó á intervalos bastante largos, y su fructificacion muy singular depende principalmente de la poda. En efecto, produce tanto mas fruto cuanta mas madera se le quita. Los olivos de fruto carnoso y rojizo han sido traidos de la Grecia por los Foceos. El pais calcareo es el solo que les conviene. En la region intermedia sufren alteraciones sensibles. Tienen demasiado follage y bastante madera. Una savia, demasiado abundante, hace que el fruto fluya, y adquiera formas bizarras y monstruo-

* Aunque no nos convencen estas razones del Autor, sin embargo las insertamos aconsejando se hagan los correspondientes ensayos.

sas; la corteza está siempre sobrecargada de escrescencias; el árbol no puede soportar la poda, le conviene ser escamondado; y entónces produce todos los años. Estas cosechas anuales son raras veces abundantes. La aceituna da poco aceite á proporcion de su grueso, y este aceite conserva siempre una tintura verdecina.

2.ª *Observacion.* »Sobre el litoral, cualquiera que sea la naturaleza del terreno; la esposicion noroeste debe ser preferida á todas las otras; pero, á medida que se aleja del mar, es necesario elegir primero las inclinaciones orientales y despues las meridionales. Esta observacion se funda en que el olivo no teme al frio, sinó cuando ha principiado su vegetacion de primavera: mientras que la savia no está en movimiento puede resistir y resiste en efecto á las mas fuertes heladas. Importa, pues, retardar lo mas posible su vegetacion en los paises cálidos, y apresurarla al contrario en los paises frios. Es un error creer que la esposicion del noroeste es una de las peores, que se pueden elegir para las plantaciones de olivos: esto puede ser verdadero en lo interior de la Provenza, donde las cúspides nevadas de los Alpes proyectan su influencia, y donde es necesario buscar lugares abrigados para resguardar estos árboles; pero sobre el litoral, yo he observado constantemente que la esposicion del noroeste, es la mas favorable de todas...... Es fácil concebir que, en efecto, la esposicion del noroeste, siendo al mismo tiempo fria y seca, debe ser favorable sobre el litoral; pues que estas dos condiciones son necesarias para retardar la vegetacion y procurar al árbol un mas largo sueño invernal. Este reposo prolongado es una ventaja preciosa; porque toda la accion vital, conservada intacta, se halla disponible en el momento en que los brotes de la primavera no tienen ya nada que temer de las escarchas.

»En la esposicion del nordeste, los efectos son del todo diferentes. Si el frio se retarda, la humedad se apresura, y bastan algunos buenos dias al principio de enero para poner la savia en movimiento. Nada es mas ordinario en las esposiciones abrigadas; y las heladas, que faltan raras veces en febrero, no evitarán ciertamente estos brotes demasiado tempranos.

»En la naturaleza todo tiene su bueno y su malo. El *mistral*, que perjudica á nuestro pais por su violencia y por el repentino descenso de temperatura, le viene á ser favorable por otra parte manteniendo la fuerza del aire, ó interviniendo como vehículo de la vegetacion. Los olivos, espuestos á este viento, raras veces se les ve cubiertos del negro y de las putrefacciones que son, por decirlo así,

constantes en los plantíos espuestos al Este. La multitud de insectos devoradores, que la humedad engendra y que hacen tantos estragos sobre los olivos, no aparecen sobre los árboles batidos y sacudidos por los vientos del noroeste. La violencia misma del mistral, que parece al principio destruirlo todo, se neutraliza con una facilidad sorprendente. En el territorio de Martigues, de Chateaneuf, de Marignane &c. cuando se plantan olivos á la esposicion del noroeste, se limitan á ponerles delante un simple cañizo ó zarzo flexible, cuyas cañas están un poco separadas. El mistral mas violento, que desarraiga el roble, que quita los techos, que derriba las murallas, se encuentra impotente delante de este ligero abrigo; dividido á través de las cañas, se multiplica, produciendo una multitud de zéfiros vivificadores, que dan vigor á la joven planta, y reunen al rededor de ella las condiciones mas favorables á su desarrollo. El hombre es pues siempre el dueño de convertir en su provecho las cosas que parecen mas perjudiciales; y lo que la ignorancia le presenta como un azote, le parece mas tarde como un beneficio, si llama en su auxilio á la observacion y á la esperiencia.

3.ª *Observacion.* »Sobre el litoral, así como en lo interior, los olivos deben estar separados en los grandes llanos, y reunidos en las laderas y sobre los declives de los valles. Los llanos propiamente dichos no son ya tan numerosos, ni tan grandes en Provenza, para que se les distraiga de su verdadero destino, que es la cultura de los cereales, de las legumbres y de las plantas de forrage y de los tintes. En el tercer distrito del Departamento de las Bocas del Ródano esta regla se observa rigorosamente. No se ven olivos en los llanos; están allí reemplazados por los morales en los suelos profundos, ó por los almendros en los terrenos pedregosos; pero los olivos están reunidos en todas las laderas, en todos los valles y sobre el plano inclinado que se prolonga á la base de las montañas...... Por otra parte, todo el mundo sabe que los olivos de los llanos empléan todas sus fuerzas en el desarrollo de la madera, y que su fruto, hermoso en apariencia, da mal aceite y en pequeña cantidad. Así, por un lado se saca poco provecho de las cosechas, y por otro, cada olivo adquiriendo el tamaño de los mas gruesos árboles, agota los jugos nutritivos de la tierra en un radio escesivamente grande. ¿Se puede imaginar mayor locura que rodear una pequeña propiedad de un cordon de grandes árboles, cuyas profundas raices chupan toda la grasa de la tierra, y cuyo inmenso follage aspira todos los gases vivificantes, y priva de la luz benéfica del sol á las plantas que el pro-

pietario ignorante cultiva con grandes gastos en el estrecho recinto que él ha obstruido tan voluntariamente?..... Despues del frio de 1789 se han abandonado estas alturas de donde corrían fuentes de aceite, segun el lenguage de nuestros padres; y esta zona, en otro tiempo tan fértil, ha sido arrebatada del dominio del hombre para entrar en el de la naturaleza. Despues de 1820, la cultura del olivo ha descendido mas bajo....... Yo haré observar solamente que el olivo apetece los flancos de las colinas y que prospera aun en medio de las rocas; que su produccion se efectúa allí mas fácilmente y con ménos riesgos que en los terrenos profundos; que su cultivo exige pocos gastos y poco trabajo; en fin, que si el árbol no viene á ser allí tan hermoso como en los llanos, da mejor fruto y mucho mas aceite.

4.ª *Observacion.* »Los olivos, en los parages donde el terreno se presta á ello, deben plantarse sin alineacion...... El deséo bastante natural de los pequeños propietarios de recoger un poco de todo en sus tierras, puede considerarse como perjudicial...... El hecho es que, á fuerza de trabajos y de gastos, llegan apenas á recoger la mitad de lo que obtendrían si cada género de cultivo lo hiciesen por separado; y si su campo es demasiado pequeño para la division en tierras arables, en viñedos y en plantíos de olivos, valdría mas elegir entre estos cultivos el que conviene á la naturaleza del suelo; pues de este modo tendrían mas producto con una sola de estas cosechas, que con las tres. La cuestion se reduce, pues, á saber, si se tendrá mas renta con tres cosechas medianas ó inciertas de trigo, de vino y de aceite, ó con una sola cosecha abundante y asegurada, sea de aceite, sea de vino, sea de cereales. Mas los ensayos, que se han hecho, no dejan ninguna duda sobre la preferencia que se debe dar á los cultivos distintos.

»El grueso de los olivos no debe ser un obstáculo, porque es siempre posible espaciarlos convenientemente. Ademas, este grueso, examinado de cerca, es un vicio que el propietario inteligente debe hacer desaparecer, rebajando los árboles por la operacion bien entendida de la poda. No se debe imaginar que el olivo produzca en razon de su grueso. Mientras mas engruesa el árbol, mas madera echa y ménos follage tiene. La parte leñosa es la que prospera; el árbol se hace perezoso; deja muchos años de producir: á la verdad, en circunstancias raras, dará cosechas escesivas, pero es un fenómeno que sucede cada diez años y no es esto lo que conviene al propietario. Si este es prudente, hará por obtener todos los años sobre poco mas ó ménos los mismos productos, y esto es lo que puede con-

seguir en virtud de reglas equivalentes á las que sigue el propietario de las tierras cereales con la rotacion de las cosechas.

»Acerca del grueso, que se deja tomar á los olivos, indicaré una opinion que podrá parecer singular, y que no por eso deja de estar fundada en la razon y en la esperiencia: es que para todas las variedades de olivos de fruto negro, cuya vegetacion propende á aumentar la madera á espensas del ramage, sería bueno, en una multitud de casos, el distribuirlos como los montes tallares de robles, teniendo solamente cuidado de dar un intervalo mayor á los cortes periódicos. El olivo, por la naturaleza de su madera, tiene muy grandes relaciones con el roble y mas particularmente con la encina. Su tronco no es, por decirlo así, perecedero. Las heladas, hendiendo la corteza, hacen morir todo lo que esté fuera de tierra; pero lo que está debajo subsiste siempre y conserva la misma cantidad de savia y la misma suma de fuerza vital. Los nuevos tallos abundantemente alimentados, brotan con un vigor tal, que, al tercer año, forman ya pequeños árboles muy frondosos, y que no dejarán de dar mucho fruto. La vegetacion precoz da mas partes blandas, mientras que la vegetacion lenta da mas materia leñosa. Y como las partes blandas son las que fructifican y hay tanto mas, cuanto la sobre abundancia de savia les obliga de algun modo á llevar fruto. Así, un árbol grueso, que ocupaba una gran circunferencia y no trabajaba mas que para aumentar su madera, será reemplazado por cinco ó seis retallos ó brotes flexibles, que se darán prisa á llevar fruto para emplear el esceso de savia que tienen.

»La operacion de la poda, que se practica sobre los olivos de fruto negro, no tiene otro objeto que quitar madera para obtener mas ramage y por consiguiente mas aceituna. Este método, reconocido por bueno, proviene del mismo principio que yo propongo, con esta diferencia, que la poda es una modificacion del principio, mientras que el tallar los árboles es el complemento. Hay, pues, una ventaja real en tratar los gruesos olivos como los montes tallares de encina ó roble, salvo las correcciones que prescriban las circunstancias y de que no nos ocupamos ahora.

»En la isla de Córcega, la madera de olivo se empléa para la construccion de los barcos, y se prefiere al roble. Los gruesos olivos son pues cortados tarde ó temprano, y se reemplazan por brotes ó retallos. El valor de la madera cortada equivale á la de dos cosechas ordinarias; en el tercer año, los retallos dan ya mucho fruto, y todos los años producen mas. Se ha observado que del déci-

mo al duodécimo año, su cosecha es mas abundante que la de los mas gruesos árboles que ellos han reemplazado. Mas tarde, se fortifican en madera y se les corta de nuevo, del veinte al veinte y cinco año, segun los lugares y las esposiciones.

» Así, este modo de tratar el olivo, en monte tallar, está ya practicado en Córcega, y sin embargo sería susceptible aun de nuevos perfeccionamientos. La mortandad de 1820 nos ha obligado á cortar tambien nuestros grandes olivos. La esperiencia ha enseñado que los árboles cortados por el pie han vuelto á brotar mas vigorosamente, que los árboles terciados; y yo he visto por mí mismo un gran número de propietarios que me han confesado que su cosecha de 1827 ha sido mas abundante que ninguna de las que habían precedido al terrible frio de 1820 *. ¿No parece que la naturaleza ha querido darnos una gran leccion? y ¿seríamos nosotros prudentes, si nuestras rancias rutinas nos impidiesen aprovecharnos de ella?

» En una gran parte del Departamento del Var, el hombre descansa en la naturaleza, que obra sobre el olivo como sobre los otros árboles, volviéndole poco á poco al estado salvage. En el Departamento de las Bocas del Ródano, el hombre dirige á la naturaleza, asimila el olivo á los árboles frutales, y cuidando así sus planteles, saca de ellos los mayores productos. Allí son bosques que cuestan poco de conservar, pero que dan poco provecho, hasta el momento en que la mortandad acometiendo á estos grandes árboles, obliga al propietario á cortarlos. Si él lo hubiera hecho mas pronto, hubiera tenido madera de construccion, de que hubiera sacado un partido ventajoso. Por haber esperado demasiado, no ha tenido sinó leña, que se ha visto precisado á vender á bajo precio; pero las cepas han brotado; árboles jóvenes y vigorosos han sucedido á los viejos troncos agotados; los bosques se han reemplazado por planteles; los campos entristecidos, por jardines que verdéan; de él depende el mantener sus goces y acrecentar sus rentas, aprovechándose de la esperiencia.

» Por lo demas, no he pretendido tratar á fondo cuestiones tan importantes. Mis reflexiones no propenden sinó á promover nuevas observaciones. Estoy convencido de que la cultura en planteles sin alineacion conviene tanto á los olivos de fruto negro como á los de fruto rojo; pero su disposicion, el género de cultivo, la monda, cor-

* Yo he reconocido todos los olivares de Marsella, Toulon, Draguignan &c. en 1829, donde no he visto ningun olivo viejo; sinó que en el parage que ocupaba uno antiguo, habia de cuatro á ocho brotes, que daban ménos sombra y producían mas, segun me aseguraron los mismos propietarios.

tas &c. deben sufrir modificaciones, segun lo exijan las localidades. Estos detalles se darán mas adelante. Yo me he debido limitar aquí á generalidades, necesarias de conocer, para establecer de un modo conveniente las plantaciones de olivos.

»Resulta de las observaciones que preceden: 1.° Que los olivos de fruto negro deben plantarse en el terreno granítico y en el pizarroso, de donde se les puede estender por la region de las areniscas rojas hasta el punto en que principia el calcareo del Jura; y que los olivos de fruto rojizo quieren ser cultivados en el pais calcareo. 2.° Que tanto para la una como para la otra de estas variedades, es necesario elegir la esposicion del noroeste para el litoral y la del sudeste para el interior, porque aquí es necesario apresurar la vegetacion, y allí, al contrario, conviene retardarla. 3.° Que no es conveniente plantar olivos en los llanos y en las grandes tierras arables, y que es necesario reunirlos en los valles y sobre las laderas, procurando aun reproducirlos sobre las alturas. 4.° En fin, la práctica de colocar los olivos á cordel debe ser escluida, sustituyéndole la de sin alineacion que es la mas ventajosa de todas, lo que va conforme con el principio de la separacion de los cultivos y de las lecciones de la esperiencia."

Por último debo indicar que poco ántes de mi salida de París, se leyó en la Sociedad de Agricultura, una Memoria por *Mr. Michel* sumamente interesante sobre el cultivo del olivo.

SEGUNDA PARTE. *Idéa general de los procedimientos conocidos hasta el dia para moler la aceituna y esprimir el aceite.*

421 *Plinio*, en el libro 7.° capítulo 51, hablando de las cosas que inventaron algunos en su vida, atribuye al ateniense *Aristéo* la invencion del molino para fabricar el aceite. *Caton* nos ha trasmitido la descripcion del *trapete* ó *trapeto* de los antiguos. Esta máquina se componía de dos muelas verticales, que giraban en un depósito circular; ellas no eran cilíndricas, sinó que su curvatura era análoga á la de la concavidad en que se movían. Eran, en una palabra, segmentos de esfera. En medio del depósito se elevaba un macizo cilíndrico, á que se hallaba fijo un eje de fierro, y le sobrepujaba para formar una especie de quicio que atravesaba el medio del eje horizontal de las dos muelas, y le servía de centro de rotacion al rededor del cual giraban. El eje se prolongaba fuera de estas, para servir de brazo de palanca á los hombres destinados á poner en movimiento esta máquina.

Caton prescribe que la canal por donde se mueven las muelas esté

bien á nivel; que las piedras, durante la rotacion, estén constantemente lejanas del reborde una cantidad igual al espesor del dedo pequeño; y que no toquen al fondo de la canal por donde se mueven. Las muelas, estando suspendidas en equilibrio sobre el eje, no obran por su peso, sinó solamente por el rozamiento; y su accion se limitaba á romper la pulpa de las aceitunas y á desprenderla de los huesos sin machacar ó moler estos mismos huesos; pues los antiguos conocían ya que, rompiendo los huesos de las aceitunas, se comunicaba al aceite un mal gusto. Las muelas del *trapete* se podían bajar y levantar con el auxilio de cuñas segun el diámetro de los huesos de las aceitunas. *Caton* ha hecho tambien conocer la prensa antigua. Estaba formada de una gran palanca de una sola pieza de madera de mucho grueso, ó de muchas piezas reunidas con solidez; el punto de apoyo de esta palanca estaba colocado entre dos piezas que tenían hendeduras longitudinales, en que se introducían travesaños de madera. Llevaba una cuerda fuerte y algunas veces una cábria ó aparejo al estremo de la palanca y le correspondía á un cabrestante; otra cuerda unida al mismo punto pasaba sobre una poléa fija por encima. Así, el movimiento, combinado con el aparejo, producía la presion bajando la palanca, y la otra cuerda servía para aflojar la prensa levantando la palanca.

La pasta de aceituna, metida en sacos ó capachos, estaba depositada en una sola columna rodeada y por decirlo así, envuelta ó fajada con una cintura de cuero. Como el diámetro de esta columna escedía á la parte de palanca que debía comprimirla, se la cubría con una especie de sombrero sólido por medio del cual la presion se ejercía sobre todas las partes de un modo igual. Los despojos de una prensa antigua se encontraron en 1779 en las ruinas de *Stabia*.

Parece que las máquinas de los antiguos, y los métodos que empleaban, debían producir muy buen aceite; pero es dudoso que fuesen suficientes para estraer toda la cantidad que podían suministrar las aceitunas; porque en su presion los huesos quedaban enteros en el orujo y debían perjudicar, ocupando inútilmente bajo las prensas, mas de la mitad de la masa, y quedando perdido el aceite que estas almendras encerraban.

422 Los testos de los Autores antiguos, que hemos podido recolectar, son los siguientes: *Caton*, en su tratado de *Re rusticá* Libro 20, edicion de Leon en 1549, en el cap.° 5.° en que habla del *modo de disponer el trapete*, dice: „Se fija en la caldera la columna de

» hierro colocándola en medio perpendicularmente, abrazada con cu-
» ñas. Procúrese evitar que se derrame el plomo. Si se mueve, sá-
» quese de nuevo afuera procurando asegurarla para que no se mue-
» va. Fórmense los cubos de olivo, hágase el aceite de las aceitunas
» orchites, y sujétense aquellos con cercos de plomo, precaviendo que
» se aflojen; si se aflojan métanse en la cuba, poniendo abrazaderas
» fuertes y anchas como el dedo grueso, hágase el borde de dos ca-
» ras, y sujétese con clavos dobles para que no se caiga."

El mismo *Caton*, en el capítulo 66 al propio libro, hablando de *los cargos y oficios del capataz y trasegador*, dice en la línea 47. «No se use de los huesos de la aceituna para hacer aceite; porque si
» se hace con ellos toma mal gusto; póngase en la tina ó poza una
» caldera donde caiga el aceite; mientras que los que hacen el aceite
» aprietan con palancas, el trasegador saque continuamente y sin
» cesar el aceite con una concha. Cuide de no tomar alpechin al po-
» ner el aceite en el lebrillo. Trasiéguesele despues á otra caldera.
» Saque siempre de los lebrillos las borras del aceite y el alpechin." .....

Columela, traduccion de Alvarez de Sotomayor, edicion de Madrid de 1824, en el libro 1.° capítulo 6 en que trata de la *distribucion de las habitaciones y oficinas del lagar*, dice en la página 26 lo siguiente: «Las prensas principalmente y las bodegas de acei-
» te deben estar calientes, porque el calor dilata los líquidos, y el
» frio los condensa mas. El aceite si se cuaja (lo que sucede raras
» veces) se enranciará. Pero así como es preciso el calor natural que
» resulta de la esposicion y del clima, del mismo modo no se necesi-
» ta del fuego ni llamas, porque el aceite toma mal gusto con el hu-
» mo y con el hollin; por lo cual deben darse á la prensa las luces
» por la parte del mediodia, á fin de que cuando se cargue la acei-
» tuna no tengamos necesidad de fuego ni de luz artificial" ....

Id. En la misma edicion tomo 2.° libro 12 capítulo 50 página 215 hablando del trapeto, dice: «Por otra parte, el trapeto
» da mas trabajo y mas fácilmente que la solea y la canal. Hay tam-
» bien una máquina semejante á un reillo levantado verticalmente
» que se llama *tudícula*, que hace este trabajo sin incomodidad, sinó
» que se descompone con frecuencia, y si le echas un poco mas de
» aceituna, se para. Sin embargo, se usa de las sobredichas máqui-
» nas segun la cualidad y costumbre de los paises. Pero la mejor de
» todas es la de las muelas y tambien la del trapeto" ....

Plinio, traduccion de Huerta, edicion de Madrid 1629, en el libro 6.° capítulo 6.° en que trata *del modo de guardar las aceitu-*

nas y de qué manera se ha de hacer el aceite, dice así: ....
«no de otra manera, alaba, que se han de conservar las aceitunas,
»principalmente los orchites y pausias, sinó echándolas verdes en
»salmuera, ó partidas en lentisco. Cuando mas acerva es la aceitu-
»na, tanto mejor aceite se hace. Pero es necesario que se coja muy
»presto de la tierra, y si estuviese sucia se lave; para que se seque
»es suficiente el tiempo de tres dias. Si los frios hielan, al cuarto
»dia se han de esprimir, y esta se ha de polvorear con sal; estan-
»do en trojes de tabla se disminuye el aceite y se hace peor y tam-
»bien estando en el tinaco, ó en la hojuela, esta es la carne, y de
»allí se sacan las heces, por lo que se ha de descabezar muchas veces
»al dia, fuera de esto se han de echar en pilas de barro ó calde-
»ras de plomo: en cobre se daña, y todas estas cosas se han de ha-
»cer con hirvientes y cerradas prensas, y que de ninguna manera
»se ventilen, y así conviene que no se partan leños, por lo cual es
»acomodadísimo fuego el que se hace de los cuescos de las mismas
»aceitunas; y de las calderas se ha de echar el aceite en un vaso
»largo para que la hojuela y el tinaco se arrale y adelgace. Por
»esto se han de lavar á menudo los vasos y limpiar con esponjas
»los capachos, para que cuanto fuere posible quede puro y sincero
»el aceite. Despues fué hallado que se lavasen con agua hirviendo;
»y luego al punto se metiesen enteras debajo de la prensa (porque
»así se esprime el tinaco); despues quebrantadas con las ruedas ó
»piedras se apretasen con la viga, tambien no aprueban que se
»aprieten ó compriman mas de cien celemines, llámase *obradura*.
»Pero el aceite que hay despues encima del aguaza ó jamilla, se
»llama flor: y es cosa justa que en un dia y una noche hagan cua-
»tro hombres tres *obraduras*" ....

423 Los molinos de aceite, usados generalmente en el dia con particularidad en la parte meridional de España, se reducen á una muela vertical que se llama volandera, la cual gira sobre otra piedra horizontal, que á sus estremos tiene una porcion de fábrica en forma de trozo de cono, segun representa la (fig. 94 lám. 6.ª). La aceituna se coloca sobre la parte que está en forma de trozo de cono, y un obrero, que, por lo regular suele ser un muchacho, con una pala, precede á la muela y coloca una pequeña cantidad de aceitunas sobre el camino que ella debe correr, En algunos molinos, la parte de trozo de cono la revisten de tablas; cuya práctica es sumamente viciosa, porque la madera absorve una cierta cantidad de aceite que comunica un gusto desagradable á toda la pasta.

Hace años que D. Francisco Verdejo Paez, Profesor de Matemáticas en los Reales Estudios de San Isidro, inventó un molino para fabricar el aceite sin machacar el hueso. La Real Sociedad Económica Matritense lo ensayó en un modelo que se hizo, y parece surtió buen efecto. Luego, se construyó en grande por el Excelentísimo Señor *Duque de Gor*, cerca de Pinos de la Puente en el Reino de Granada; pero no se halla en uso actualmente. Segun me ha dicho mi muy apreciable Amiga y Consocia la Excelentísima Señora *Duquesa viuda de Gor*, consistía en una pila en que se echaba la aceituna, y caían unos mazos á manera de batan, que deshacían la pulpa sin machacar el hueso; pero se hallaron despues varios inconvenientes y se abandonó.

La prensa, de que se usa generalmente, se llama la *viga*; y está representada (fig. 95 lám. 6.ª), en la posicion que produce la mayor presion: y viene á ser una palanca, de las que hemos llamado de *segunda especie* (§§ 230 y 231 Mec.); y en virtud de lo allí demostrado, resulta que *la presion, que se ejerce sobre la masa ó pasta se halla representada por el peso del pilon* P *multiplicado por* CD *y partido por* CB; de manera, que si suponemos que *DC* sea igual con diez veces *BC*; la presion que sufre la pasta será equivalente á diez veces el peso del pilon *P*; y ademas todo el peso de la viga.

424 En la parte meridional de Francia, que yo he recorrido, se usa generalmente del mismo método para moler la aceituna; las únicas particularidades que he encontrado, son las siguientes. En el molino de *Mr. Revoile* en Mouries, ya citado (416), para que la aceituna quede bien limpia sin hojas del árbol, ni tierra, piedras; &c., hay un aparato como la zaranda con que, en las obras de albañilería, pasan la cal y arena para aprovechar la menuda separando toda heterogeneidad. Y en las cercanías de Marsella, hay un molino ideado por *Mr. Sinety*, que es semejante á los que hay en París para machacar la manzana con que se hace la sidra, y lo representamos (fig. 96 lám. 6.ª). *C* es la volandera ó piedra, que se mueve en una canal circular por medio de una caballería, que se pone al balancin *B*; y al cual han pensado añadirle una especie de tolva para que vaya cayendo la aceituna; la piedra tiene en su parte posterior una pieza de fierro, que en el alzado se representa por *l* y va muy próxima á su circunferencia esterior, con el objeto de separar toda la parte de pasta que se pega en sus orillas. Lleva tambien detras, pero un poco distante, otra pieza que se representa

en planta por *f*, cuyo objeto es separar la pasta de las orillas de la canal, y colocarla en el medio, para que la piedra la machaque volviendo á pasar por encima.

Para esprimir el aceite, no se usa de viga como entre nosotros, sinó de prensas ordinarias; pero con algunas modificaciones. Los capachos á que llaman allí *cavas*, son de unas dos cuartas y media de diámetro; y los hacen de juncos, envidiándonos mucho nuestra produccion de esparto; ponen de una vez 12 ó 13 capachos. Los hombres causan la presion con una palanca que pasa por los agujeros del árbol de la rosca; se ponen de tres á cinco hombres á dar vueltas; y cuando ya no pueden causar mayor presion, ponen una cuerda al estremo de la palanca que va á parar á un cabrestante que mueven 4 hombres, con lo cual se aumenta mucho la presion.

El parage donde se ponen los capachos es todo de piedra con una ranura para que pase el aceite, y procuran evitar el que corra el aceite por los capachos inferiores. En cada molienda, se gasta entre el tiempo que empléa la caballería en triturar la aceituna, y su prensado, como una hora. Sacado el aceite vírgen, se llevan los capachos en un carreton, que es una caja de madera cubierta con hoja de lata con dos piezas de fierro en medio para que pasen por los agujeros de los capachos. Se deshace con las manos, se lleva á la prensa, se le echa el agua hirviendo y se prensa por espacio de tres cuartos de hora.

El orujo de la segunda presion se deshace en otros molinos, que llaman de *recense ó rescense.* Estos vienen á constar de una piedra mas chica, que se mueve dentro de una cuba de madera, que deshace el orujo yendo mezclado con agua. Para hacer que el orujo pase por debajo de la piedra, hay una pieza que aproxima la materia. Esta, mezclada con agua, pasa despues á otra cuba, que se mueve por una rueda dentada, y que pone en accion dos mecanismos compuestos de diferentes barras de fierro para deshacer mas la pasta. De aquí cae mezclada con agua á un depósito, de este á otro &c. hasta 7 ú 8 depósitos.

Encima del agua, que por supuesto es fria, pues es corriente, se queda la masa de la aceituna, hollejo, &c. con el aceite que contiene. Se recoge con una cuchara de hoja de lata ó una espumadera todo lo de encima, y se prensa. El agua de los depósitos sale por debajo, á cuyo efecto están en declive. Los dueños del molino compran el orujo; y despues cuando el agua le ha separado la película, se van al fondo los pedazos de hueso. La prensa es como la ordinaria.

Lo que queda en la parte superior de los molinos de *rescense*, se quita con un cazo, y se echa en la caldera; se hace hervir y luego se prensa, para que escurra el aceite, el cual solo sirve para las fábricas. Lo que queda en el fondo y lo que se saca de los capachos, se mezcla con agua comun, ó mejor con agua de la que quedó en los infiernos, se hace una masa, que se mete en un molde y se hace lo que llaman *motes*, que vienen á tener la forma de quesos ordinarios y sirven para quemar.

De 100 libras de orujo, como sale de los primeros molinos, se sacan unas 4 de aceite; lo cual basta para los gastos de fabricacion y queda de ganancia los *mottes*, que se venden para quemar y sirven para hilar la seda con beneficio en el estío; cuesta 18 pesetas el millar y 3 pesetas los gastos de fabricacion. La parte que se va al fondo no tiene uso alguno; la que sobrenada es la que se hace hervir, por ser la buena. Las aguas que quedan, no las aprovechan, porque no tienen donde guardarlas; pero se convencieron de que serán buenas para mezclarlas con otras sustancias ó tierras y hacer estiércol.

Una de las cosas que nos parece sumamente importante en el molino de *Mr. Sinety*, es que entre los capachos de tres en tres, ó de cuatro en cuatro, se coloca una pieza de fierro, que representamos en planta y alzado por la (fig. 97 lám. 6.ª); y se reduce á una plancha circular de fierro que tiene encima otras barritas de fierro, en forma de espiral, las cuales se apoyan de distancia en distancia en otras barras pegadas á la plancha principal, quedando un hueco de unas dos líneas entre la plancha principal y las barras en espiral para que pase el aceite y escurra por dos canalizos *C*, *C*, que sobresalen un poco de la plancha principal.

Esto es sumamente importante; porque sin esta circunstancia cuando es mucha la masa no se ejecuta bastante bien la presion; de este modo, aunque haya un número muy considerable de capachos, la presion se efectúa casi como si solo hubiese los que median entre dos de estas planchas.

Las noticias que he podido adquirir de otros puntos meridionales de Europa dan á conocer que en la fabricacion del aceite se usan sobre poco mas ó ménos los mismos procedimientos, y que en Nápoles llaman *trapeto* al edificio en que se fabrica el aceite. En el Languedoc suelen usar otras prensas que llamaban á *grand banc*, que son diferentes de nuestras vigas y no presentan ventajas de mucha consideracion. Las noticias mas recientes que

yo he podido adquirir de las prensas que se usan en algunos puntos de Andalucía, y principalmente en Montoro, son, que en estos últimos tiempos se han adoptado las que llaman de *torre*; que consisten en una prensa ordinaria que principia á ejecutar la presion sobre los capachos dando vueltas al husillo por medio de hombres; y cuando se han comprimido algun tanto sin grandes esfuerzos los capachos, empieza á obrar sobre ellos una porcion bastante considerable de fábrica, que contribuye con su peso para efectuar la presion.

TERCERA PARTE. *Procedimientos que en mi concepto se deberían adoptar para la fabricacion de nuestros aceites.*

425 Confieso con la mayor ingenuidad, que al emprender mi viaje hácia la parte meridional de Francia, juzgué sorprenderme; pues tenía, por los libros y demas noticias que circulan, unas idéas muy equivocadas acerca de la produccion de aceites en Francia, comparada con la nuestra. En efecto, yo he visto cortijos en Andalucía, que producen mas cantidad de aceite que todo el tan decantado territorio de Aix. Y puesto que nuestra cosecha de aceite es la mas abundante, y que en mi concepto nuestros olivos, que los he visto yo en posesiones mias, que producen mas de tres fanegas de aceituna, cosa que aparecerá increible pero que es un hecho que yo he presenciado, no debemos dejar de llamar la atencion tanto de los propietarios, como de los constructores de los molinos, para que no perdonen medio ni fatiga, con el fin de mejorar la fabricacion de nuestros aceites; pues he visto con dolor en *Louviers*, que por la razon que espresarémos (§ 455) de este mismo libro, ya no quieren nuestros aceites ni aun para las fábricas de paños, por el mal olor que dan; prefiriendo el de Niza y otros puntos del Mediterráneo, que les cuesta mas caro, por ser mayor la distancia y rodéos del trasporte.

Convencido de que nos hallamos en la mas absoluta necesidad de mejorar nuestros procedimientos acerca de la fabricacion del aceite; y estribando estos en los conocimientos de la Mecánica, y estando adoptado por motor el agua mas principalmente, hemos juzgado de nuestro deber el insertar aquí el fruto de nuestras investigaciones sobre tan importante materia, para mejorar este ramo de industria agraria, que por sí solo es capaz de aumentar considerabilísimamente las riquezas de nuestro suelo.

En mi concepto, nosotros deberíamos formar separadamente tres especies ó calidades diferentes de aceites: 1.ª *aceites de mesa* ó de

comer sea en ensaladas, fritadas &c.; 2.ª *aceites para las fábricas, para las luces &c.*; y 3.ª *aceites esclusivamente destinados para el jabon*. Estas diversas fabricaciones las exige necesariamente el uso á que se han de destinar; pues de este modo, se sacará mayor cantidad, y cada una de ellas producirá mas de lo que hoy produce la mezcla de todos, y que no es adecuado segun corresponde para ningun uso; pues segun se fabrica ni es bueno para la mesa, ni es á propósito para las fábricas, ni es el que produce mas ventajas en la fabricacion del jabon.

En efecto, quien haya visto nuestros olivares de Andalucía, y despues coma los manjares condimentados con los aceites que se venden, que algunas veces se llevan el paladar hácia adentro, no puede ménos de consternarse al ver los mejores olivos del universo y comer el peor aceite. Las personas de gusto delicado en Madrid, filtran ya el aceite, usando de diversos medios; lo cual es muy embarazoso, y se desperdicia una cierta cantidad. Por lo cual si desde luego se presentase un aceite de buena calidad, no tendrían reparo en pagarlo al ménos á un precio doble que el ordinario *. Este aceite, que le podrémos llamar *virgen*

* En algunas tiendas de ultramarinos de Madrid venden el aceite ya filtrado ó fabricado con mayor esmero, á que suelen apellidar de Valencia, á un precio triple del que tiene el aceite ordinario.

He tenido la satisfaccion de ver un escrito del Señor Don Pedro Polo de Alcocer, Intendente de Ejército y de las Nuevas Poblaciones de Sierra Morena, que corrobora todo esto del modo mas eficaz y positivo. En él se dice « Sus aceites (los de las Andalucías) siendo los mas esquisitos por naturaleza, la mano humana los maléa, desdicha que produce una ignorancia sin igual. Al monstruo de la rutina ningun particular puede cortarle la cabeza. Dos operaciones maléan los aceites; una es la recoleccion de la aceituna, que se hace derribando á palos el fruto del árbol, y cogiéndolo del suelo, por pago de fanegas, cuadrillas de gentes de ambos sexos y de todas edades. Va con la aceituna la yerba verde y seca del olivar, las hojas y ramitas del olivo derribadas con los varazos, mucha tierra, piedra y otros cuerpos estraños. ¿Qué resulta de esta mezcla? el salir los aceites de un gusto intolerable.

»No ménos contribuye á esta desdicha el método de sacarlos. Prescindo de la barbaridad de las prensas, cuyo solo coste equivale al total de un molino en otras partes: esos inmundos pozuelos donde con el aceite se mezclan las demas suciedades que producen las operaciones de los molineros, todo se mete allí para malear los aceites. Los pozuelos son unas tinajas enterradas hasta la boca, al pie de la solera de la prensa, y de ellos se estrae el aceite á unos medios tinajones, que llaman *aclaradores*; y es una prueba de quedar mucho aceite en los pozuelos, el que al desaguarlos por un conducto que sale al campo, corren con el alpechin ojos de licor, varios de ellos como pesos duros, é infinitos como medias pesetas y realitos ó mas menudos.

»El aceite, que no despoja bien hasta la época del calor, se deposita desde los aclaradores en las bodegas situadas por lo comun en la baja

ó *puro*, lo debemos estraer de la pulpa de las aceitunas carnosas, que estén bien sanas, y limpias en su verdadera sazon, esto es, en un grado perfecto de madurez, lavándolas en caso necesario, estrayendo su aceite por la compresion sin machacar el hueso; y aunque su fabricacion cueste mas, tambien se le crea un valor muy superior, capaz de indemnizar con mucha usura el esceso de gastos en la elaboracion.

Despues del aceite de mesa ó de comer, se debe elaborar el que se ha de emplear en las fábricas y para el alumbrado; este requiere mas principalmente que no tenga mal olor. Por lo cual se deberá sacar de las otras aceitunas ménos carnosas ó picudas, ya solas ó ya mezcladas con el orujo que ha resultado de esprimir el aceite vírgen.

Y finalmente la tercera especie de aceite, que se intenta formar, debe destinarse única y esclusivamente para la fabricacion del jabon por el siguiente motivo. Está ya demostrado, que la aceituna que se deja por mucho tiempo sin moler, sufre un principio de fermentacion, que alterando el tejido de las celdillas que lo contienen, facilita mucho su extraccion al comprimirla, y suministra mayor cantidad que cuando la aceituna no ha sufrido fermentacion; pero este aceite, que no es propio para los usos de la mesa, ni para los de las fábricas, como ya hemos indicado, es el mas á propósito para la fabricacion del jabon; pues parece que suministra mas ácido margárico en la saponificacion.

Resulta, pues, de la separacion de estas tres especies de aceite, que el de mesa aumenta su valor mas de lo que cuesta el esceso de su esmerada fabricacion; el de fábricas y de quemar, no despidien-

---

Andalucía en los corrales de los cortijos al agua y viento libre: todo el vacío de tinajas, se soterran del mismo modo que los pozuelos, y resulta de este método que al tiempo de la venta, no bien se han estraido dos terceras partes del cupo de la vasija, cuando se tropieza con el turbio, y cesa la medicion, quedando en borras una cantidad considerable. Aun este defecto pudiera tolerarse si los aceites saliesen del dulce y delicado gusto de que son susceptibles por su naturaleza: inaudita desdicha, empeorar el hombre con su torpeza lo que hizo el cielo tan perfecto.''

Al celo y laboriosidad de este Señor Intendente se debe el que en las espresadas Nuevas Poblaciones se hallen *trescientas treinta y cinco mil olivas nuevas* al marco de 14 varas, cuyas plantaciones forman vergeles hermosísimos; tambien ha promovido el aumento de los molinos de aceite; y ha mejorado su fabricacion; en términos que los aceites de la Carolina ocupan hoy el primer lugar entre todos los del Reino, habiendo sido reconocida esta mejora por la Junta de calificacion de los productos de la industria española, lo cual fué uno de los motivos para obtener de S. M. una Real carta de aprecio.

do mal olor, volverá á entrar en la manufacturacion de la lana, de que se ha separado ya el nuestro en Louviers y otros puntos; y como saliendo nuestros aceites por San Lucar al Océano, su trasporte costará ménos á los paises del norte, que el de los puertos del Mediterráneo, resulta que, vendiendo nuestros aceites al mismo precio que los del Mediterráneo, quedará á nuestro favor, por la parte mas corta, todo el ahorro del ménos coste del trasporte; lo cual no es indiferente, si se atiende á que el paso de los buques del Mediterráneo al Océano no pudiendo hacerse sinó con viento levante, causa esto á veces muchos perjuicios á la navegacion.

Aquí se presenta un asunto digno de exámen, acerca de si la pasta ú orujo, que resulta de la primera presion sin machacar el hueso, convendrá dejarla fermentar y mezclarla para la fabricacion del aceite de jabon, ó será mas adecuado para mezclarla con la demas aceituna que produce el aceite de fábricas; lo cual solo podrá decidirse en virtud de ensayos y esperimentos, aunque parece á primera vista debe ser preferible el dejarla para mezclarla con la de la fabricacion del aceite propio al jabon. Esta cuestion, así como todos los demas puntos que hemos indicado, presenta un vasto campo de investigaciones á los propietarios ilustrados. Por lo que, aconsejando el que se propague el espíritu de la observacion y el de las investigaciones esperimentales para aclarar todos los puntos dudosos, vamos á manifestar los procedimientos mecánicos que se deberán adoptar para la fabricacion de cada uno de estos aceites.

426 *Procedimientos mecánicos para la fabricacion del aceite vírgen, ó aceite puro, para el uso de la mesa.* El procedimiento, de que habla *Mr. Toulouzan* que hemos referido (417), viene á reducirse á la (fig. 93 lám. 6.ª); y ya se mueva por mano de los hombres, ya por caballerías, ó ya por el agua, con tal que el espacio entre la piedra corredera y el asiento sea en la parte esterior igual ó un poco mayor que el hueso de la aceituna, y que la piedra pese poco, no hay duda en que deshará la pulpa sin machacar el hueso. Sin embargo, como el aceite requiere en su fabricacion mucha limpieza, parece que chorreando por entre las dos piedras, cualquiera que sea la disposicion que se dé al parage donde cae la masa, como luego es necesario esprimirla, podrá suceder que esto complique dicho procedimiento; por lo cual, juzgo que serán mas ventajosos cualquiera de los otros dos que vamos á proponer.

El uno consiste en introducir entera la aceituna, pero por supuesto de la mas carnosa, y cogida en sazon, bien limpia de toda hete-

rogeneidad, por cualquier medio, aunque sea necesario lavarla, en los capachos ordinarios, como se acostumbra, con tal que sean nuevos, y esprimirlos por la viga ordinaria, ó por las prensas que propondrémos.

El otro procedimiento lo juzgo mas adecuado; y se reduce á perfeccionar, por los recursos que ofrece la Mecánica, el método de *sacar el aceite á costal ó talega* que describe muy oportuna y claramente *Don Antonio Sandalio de Arias*, al fin de su espresada leccion XXVI. Este perfeccionamiento que, en mi concepto, es el mas adecuado, se halla puesto en ejecucion en París, y en Lila, para estraer el aceite de las semillas de col, nabo y de otros frutos oleaginosos.

Todo el mecanismo lo representamos en la (fig. 98 lám. 6.ª), donde aparece vista por un corte en su medio. Se reduce á una pila de piedra ó de fundicion de fierro, que, para mayor seguridad de que no se abra, por los choques de que hablarémos, puede estar rodeada de barras de fierro forjado. Puede hacerse tambien dicha pila, de madera y con abrazaderas de fierro, para que no se abra ni ceda al impulso de los choques; pero en este caso convendrá revestir de hoja de lata el parage que se halle en contacto con el aceite; pues ya hemos dicho que la madera le comunicaría mal gusto y olor. En los dos estremos se ponen dos costales ó talegos, cuya tela podrá ser de cualquier especie, con tal que sea fuerte, y aun servir el esparto, pero lo que es preferible á todo y no es costoso, es el que sean de crin; porque esta no absorve el aceite; y ademas los hilos de su tejido no se unen demasiado y dejan con mas facilidad paso libre al aceite; duran mucho, resisten considerablemente á la fuerza de presion y se pueden limpiar muy fácilmente *.

La magnitud de los sacos es arbitraria, solo se requiere el poderlos manejar con facilidad y que sean proporcionados al tamaño de la pila. Se llena el saco de aceituna limpia en los términos que describe el Señor Arias; el saco, en vez de atarse por arriba, terminará en cuatro pedazos *m*, *n*, *s*, *r*, como representamos en *A* (fig. 98 lám. 6.ª), siendo uno de ellos, tal como el *s* un poco mas largo que los demas. Se plegarán ó doblarán del modo siguiente: los dos opuestos, que son iguales, se doblarán primero y quedará representado como en *B*;

* Estos sacos se podrían hacer sin costura, y de cualquiera otra materia, y servir para todos los usos, y ademas podrían hacer los oficios de tubos para la conduccion de las aguas. Yo sé el modo de conseguirlo; si algun fabricante de lona ú otros tejidos quisiese emprender esta manufactura, que es sumamente importante, puede verse conmigo y hablarémos sobre el particular.

despues se doblará el mas corto de los restantes, y quedará en la forma que se ve en *C*; y luego el otro, que deberá ser mas largo para poderse doblar bien. Ademas, convendrá rodear el saco por medio de una faja ó cincha tambien de cerda, con el fin de darle mas solidez, impedir que el saco toque á la madera y que el aceite no salte por la parte superior. Se colocará el saco del modo que se ve en la figura en *a* junto á un lado de la pila, al otro lado del saco se pone una pieza de madera *b*, que por la parte que esté unida al saco será vertical, y por el otro lado presentará un plano inclinado, á manera de cuña, para colocar despues otra cuña *c*, en posicion inversa á esta. Despues hay otra pieza *d*, que no tiene vertical ninguno de los lados y cuya forma es tambien la de cuña, que presenta el menor grueso por la parte superior. A esta sigue otra pieza *E* en forma de cuña inversa á la *c*, con una cabeza para el efecto que se dirá; luego otra pieza *f* igual á la *b*, pero que la parte mas estrecha esté abajo, y á su izquierda otro saco *g*, análogo al primero *a*. En un principio se colocan los sacos, del modo que se ve en la figura; despues con un mazo cualquiera se dan unos cuantos golpes á la cuña *c*, y el movimiento se trasmite á los sacos, que se van estrechando, y va esprimiéndose el aceite. Cuando ya haya llegado la cuña *c* hasta el punto que corresponda, segun la magnitud del saco, se da un golpe á la cabeza de la pieza *E*, que podrémos llamar *descuña*. Entónces baja dicha pieza, y se aflojan todas las demas. Con lo cual se sacan los costales ó talegos, que contendrán la pasta de los huesos y de la pulpa formando una especie de ladrillo; la cual se guardará para llevarla á la muela ó volandera ordinaria (fig. 99 lám. 8.ª), que describirémos en breve; y se estraerá de ella el aceite para fábricas ó para jabon, segun acredite la esperiencia que rinde mas utilidad. Se vuelven á llenar los sacos, y se continúa la operacion del mismo modo. La esperiencia deberá dar á conocer tambien, si para esto convendría calentar algo la aceituna como se hace con la pasta que procede de las demas semillas oleaginosas; y tambien si despues de haber comprimido el saco en una direccion, será conveniente comprimirle en la direccion opuesta. La esperiencia dará tambien á conocer si despues de haber causado la presion, de que es susceptible la cuña *c*, será conveniente originar aun mayor presion, reemplazando la cuña *c* por otra, cuya parte mas delgada sea igual á la parte mas gruesa de la *c*. Bien que todo esto se puede calcular definitivamente de este modo: elíjase ante todas cosas el grueso del costal, que me parece deberá ser como de

unas 6 pulgadas; llénese de aceituna regular, cualquiera que sea el largo. Despues límpiense los huesos de aquellas aceitunas, de cualquier modo que sea; échense los huesos así limpios, en el mismo talego, de modo que ocupen toda la longitud del costal, á cuyo efecto se pondrán en situacion horizontal y se conprimirán. Véase el grueso que tiene el costal ó talego en esta disposicion; y la diferencia entre este grueso y el diámetro del costal ó talego cuando estaba lleno con la aceituna, deberá ser la diferencia entre los anchos de la cuña *c*. Para fijar la longitud definitiva de toda la cuña y del costal, se tendrá presente, que segun la teoría de la cuña (§ 263 Mec.) es ventajoso que la longitud de esta sea lo mayor posible; y como á proporcion que sea mas larga la cuña, lo será tambien el costal y la cantidad de aceituna que se podrá prensar á un mismo tiempo con una fuerza mediana, resulta que la longitud del costal ó talego, y por consiguiente la de la cuña y alto de la pila deberá arreglarse á que el hombre, muger, muchacho, ó muchacha que se ha de ocupar en este trabajo, pueda manejar desembarazadamente el espresado costal ó talego.

El aceite, que sale, va por un conducto cualquiera á la vasija del depósito que lo ha de contener. Antes de dar el golpe á la descuña, convendrá pasar una esponja, paño, cepillo ó brocha por la parte del saco y cincha para empapar todo el aceite que esté adherido á la tela, el cual se procurará que no se mezcle con el del depósito. El procedimiento no puede ser mas sencillo; una sola persona puede fabricar una cantidad muy considerable; y esta operacion puede hacerse no solo en los molinos y en las casas particulares, sinó en simples chozas que pueden hacerse en los olivares mismos. Se podría disponer este mecanismo de modo que los golpes sobre la cuña y descuña se hiciesen por otro motor; pero como lo que deseamos es simplificar el procedimiento, juzgamos que si se adoptase este sencillísimo medio, resultarían unas ventajas de mucha consideracion.

427 *Procedimientos para la estraccion del aceite de fábrica y para el jabon.* A dos operaciones se reduce este procedimiento, á saber: el machacar la aceituna; y esprimir la pasta. Para machacar la aceituna no hay duda que es mas ventajoso el procedimiento de *Mr. Sinety* (fig. 96 lám. 6.ª) que el ordinario (fig. 94); pero, en mi concepto traerá todavía mas utilidad el que nosotros hemos escogitado, y representamos tanto en planta como en alzado en la (fig. 99 lám. 8.ª). Le ponemos dos piedras *m*, *m*, porque la es-

periencia tiene acreditado que para la fabricacion del aceite conviene un cierto grado de calor; y mientras ménos intervalo medie entre el paso de la volandera sobre la pasta, se desprenderá ú originará mayor cantidad de calórico. Aunque consta de dos piedras, como se hallan colocadas simétricamente respecto del eje de rotacion, una sola caballería ó un buey ó vaca, podrán comunicarle el movimiento; pero no obstante, nosotros representamos la figura como si necesitase de dos caballerías: debiendo advertir que en este caso conviene que dichas caballerías obren en los estremos del diámetro del círculo que forma el andén; y no que vayan la una detras de la otra, como se acostumbra en las tahonas, norias &c.; pues en este caso cooperan á que el eje se aparte de la vertical y se origine mayor rozamiento en la argolla superior. Nosotros designamos el andén de estas caballerías, en el piso inferior; pues estando en el mismo parage donde operan los hombres, como se verificaba en el de *Mr. Sinety*, resultan muchos inconvenientes. Lo mejor de todo será el hacer que este molino se mueva por una rueda hidráulica, como espresamos tambien por *R* en la misma figura.

Las piedras deben tener por su parte posterior una chapa de metal que se aproxime lo suficiente al canto de la volandera para que esta, al girar hácia arriba, no se lleve pegada consigo la masa. Cada piedra debe llevar detras de sí una pieza *n* que vaya separando la masa de las paredes de la canal circular, y colocándola en el medio, á fin de que la volandera, que viene despues, la machaque de plano. Se podría disponer de modo que hubiese una tolva que dejase caer la aceituna, delante de la piedra; pero esto en mi concepto complicará sin utilidad efectiva. Esta operacion resultará desde luego bien ejecutada, echando en la canal circular media ó una fanega de aceituna, ó la cantidad necesaria para que haya dos ó tres pulgadas de aceituna; y el continuo movimiento de las piedras las machacarán y formarán una masa del grado de tenuidad conveniente. Para sacar la masa ó pasta, se puede hacer una salida en un parage cualquiera *s*, y para conducir á ella la pasta, se podrá hacer uso de una pieza sólida, que haga de rastra, y colocada en lugar de la pieza *n* que dirige la pasta hácia el medio, para que lleve delante de sí toda la masa hasta cerca de la salida *s* *.

---

* Este mismo mecanismo se podría adoptar con muchas ventajas en las provincias septentrionales de España como Asturias, Guipuzcoa &c. para la fabricacion de la sidra; pero en este caso las volanderas no

Debería examinarse por la via esperimental si convendría que, en la canal circular, por donde se mueven las piedras, hubiese una cierta cantidad de agua fria ó caliente, ya fuese ó no de corriente continua, para que se llevase el aceite que sobrenadase. Todo esto corresponde á las investigaciones particulares de los propietarios ilustrados y de los Profesores de Agricultura. Este método de triturar la aceituna es el mismo para la elaboracion del aceite de fábrica, y del destinado al jabon.

428 *Mecanismo que convendría adoptar para esprimir el aceite.* A pesar de la gran presion que parece deben producir las vigas, representadas (fig. 95 lám. 6.ª), no obstante, sus efectos no son tan considerables, por los grandes rozamientos que hay que vencer, á causa de que la humedad que indispensablemente hay en estos molinos, hincha la madera, originando mucha diminucion en sus efectos; ademas, la presion no puede ser igual en toda la masa, sinó en el momento en que la viga se halla horizontal; por cuyo motivo dista mucho la mencionada presion de la que hemos calculado (423) matemáticamente, haciendo abstraccion de los rozamientos en virtud de la teoría de la palanca. Por otra parte, se pierde mucho tiempo en subir y bajar la viga para corregir los vicios que toma la colocacion de los capachos, por empezar la presion en el lado mas próximo al estremo de la viga.

Los otros procedimientos, que están en uso en Francia, valiéndose de las prensas ordinarias con aparejos, cabrestantes &c. no son en manera alguna tan adecuados, como la prensa hidráulica, que ya está en uso para casi todas las operaciones industriales, como son la fabricacion del azucar de remolacha, el prensado de los paños, embalages, la ropa lavada &c. &c.; aunque es cierto que no la hemos visto aplicada á la estraccion del aceite. La descripcion de la prensa hidráulica se halla con mucha claridad y exactitud en la Leccion 6.ª del tercer tomo del *Curso de Geometría y de Mecánica aplicadas á las Artes, de Mr. Dupin*; y como dicha obra se está publicando en Español muy bien traducida por el *Señor Don Juan Lopez de Peñalver y Torre*, y nuestro objeto no es repetir lo que se halle en otros libros en Español, omitirémos su descripcion y solamente nos contraerémos á la disposicion que se debe dar á la pieza donde se ha de esprimir el aceite, y modo ventajoso de practicar esta operacion: pues en esto consiste lo principal del procedimiento; y es

deben ser tan pesadas, y ademas deben tener hecho de madera el canto para que no machaquen la pepita de la manzana.

cosa que no hemos visto ni descrito, ni puesto en práctica en ningun parage.

Como la prensa hidráulica se puede hacer, sin aumento sensible del local, de la fuerza que se quiera, no ocupa un sitio tan estenso como el de nuestras vigas ordinarias; y ademas por la disposicion que vamos á manifestar se puede hacer que produzca tres ó cuatro veces mas efecto, tanto en la fuerza de presion como en la cantidad de materia comprimida, que nuestras espresadas vigas, y en un recinto mucho menor.

Para este efecto, el platillo ó plano de la prensa, se hará de forma cuadrada, como el *A* (fig. 100 lám. 8.ª). En una direccion paralela á dos lados opuestos de este cuadrado, habrá unos carriles de fierro *m*, *n*, que se estenderán un espacio como vez y media el lado del cuadrado; y por los lados opuestos no habrá nada para el manejo de la prensa, ya por operarios, ya por el mismo motor que dé impulso á la piedra, auxiliado de un escéntrico &c. segun manifiesta en planta dicha (fig. 100); en la cual *A* representa el plano de la prensa; *B*, *C*, los parages donde se ha de verificar la colocacion de los capachos, ó sea el cargar ó disponer la masa que se ha de prensar. Estas piezas, que resultan rectangulares por la distancia de los carriles deben tener por la parte inferior unas ruedas que giren sobre las barras de fierro *m*, *n*. El procedimiento se reduce á lo siguiente. Se carga en *B* la masa del modo que representa la fig. 101. Encima del plano inferior se colocarán cuatro capachos; en seguida una pieza de fierro como la de la (fig. 97 lám. 6.ª), encima de esta, otros cuatro capachos; despues otra pieza como la (fig. 97); pero dispuesta de modo que la canal que sobresale para que por ella chorrée el aceite, no caiga verticalmente sobre la que tiene ya debajo, sinó un poquito separada hácia un lado. Despues se ponen otros cuatro capachos, y otra pieza como la mencionada (fig. 97) ladeada un poco hácia el otro lado para que el aceite, al chorrear, no caiga sobre ninguna de las que tiene debajo. Se colocan encima otros cuatro capachos, y sobre estos se pone una pieza de fierro colado que atraviesa por cuatro agujeros en cada uno de sus ángulos por donde pasan cuatro barras que están fijas al plano inferior, y que como desde la mitad de la altura podrían tener la forma de tornillos; pero acaso será mejor en la práctica que estas barras se compongan de partes que se empalmen unas con otras como representa la (fig. 102) para evitar la pérdida de tiempo que originaría el subir y bajar las tuercas. Colocada la pieza de fierro sobre los ca-

pachos, se ponen las cuatro tuercas nada mas que para sujetar un poco. Todo lo cual se halla representado en la (fig. 101); pero de modo que el lado *pq* corresponde al lado *ts* del rectángulo *B*, á fin de que el aceite que cae por las canales de las piezas de fierro vaya á parar á los espacios rectangulares *oo*, *oo*; y desde allí á los depósitos &c.

La cantidad de materia, que se ha de prensar de una vez, puede variar mas ó ménos; pero en general por este procedimiento se pueden colocar muchos mas capachos que por el ordinario. Nos hemos fijado en los 16 que representamos en la figura, porque nos parece que dicho número no distará mucho del que convenga en la práctica. Formada ya la pila de capachos en *B*, como representa la (fig. 101), un hombre solo podrá empujar toda la pila y hacer que pase al plano *A* de la prensa hidráulica. Cuando se halle en dicho plano, empieza á obrar la mencionada prensa, y se efectúa la presion hasta el punto conveniente, esto es, hasta que le falte un poquito solo al juego de la prensa en cuyo caso la representamos (figura 103 lám. 8.ª); pero de modo que el lado *fg* corresponde al lado *kh* para que el aceite caiga en los espacios *oo*, *oo*: entónces se le ponen las tuercas *a*, *b*, *c*, *d* por la parte superior, para que no se afloje y continúe la presion; despues se descarga la prensa, y todo este aparato de masa vuelve al rectángulo *B* en que se cargó; en donde permanece chorreando el aceite mientras los operarios cargan otra taréa en el rectángulo *C*; la llevan debajo de la prensa, causan la presion, la atornillan y separan para dejarla escurrir. En el intermedio que ha pasado en la operacion de colocar esta segunda taréa, me parece que hay el tiempo suficiente para que la primera haya escurrido; y por consiguiente, se podrá llevar otra vez debajo de la prensa hidráulica, para causar una segunda presion. Mas como ahora se halla mas comprimida que el espacio de la máquina, se pondrá por la parte superior una pieza de fierro fundido ó de madera del tamaño competente; se causa nueva presion; se vuelve á atornillar; se separa; se deja que escurra el aceite mientras se hace igual operacion con la otra; luego se causa una tercera presion y aun una cuarta segun lo que la esperiencia dé á conocer; y de este modo juzgamos que se lograrán ventajas de mucha consideracion. Este procedimiento se podría estender á la compresion de la aceituna, que ha de producir el aceite vírgen ó puro. El echar el agua fria ó caliente, así como todas las demas operaciones y disposicion de los depósitos es comun con los otros procedimien-

tos; pero en mi concepto se debería ensayar si el agua en vapor, que pasase por la masa, sería mas adecuada y conveniente: cuyos puntos, repetimos, son mas propios de las investigaciones de los propietarios ilustrados y Profesores de Agricultura.

429 En virtud de una série de investigaciones, comparando esta operacion con otras de la industria, hemos llegado á deducir, que aproximadamente se podrá reputar que *para moler la aceituna y estraer una arroba española de aceite, por los procedimientos ordinarios, teniendo en consideracion la fuerza que es necesaria para moler la aceituna correspondiente á una arroba de aceite y esprimir la masa, se necesitará una fuerza equivalente á la que producirían 12766 pies cúbicos de agua cayendo de un pie de altura*, que es el valor que hemos puesto en el núm. 10 de la tabla del (§ 381). Y por una série de reflexiones análogas juzgamos tambien aproximadamente que *la fuerza que se necesitará emplear, por nuestros procedimientos, se podrá reputar en los dos tercios de la fuerza que se necesita por los demas; y en su consecuencia, que para moler la cantidad de aceituna y esprimir la cantidad de masa, que corresponden á una arroba española de aceite, se necesitará una fuerza equivalente á la que producirían 8510 pies cúbicos de agua, cayendo de un pie de altura*, que es el valor que hemos insertado en el núm. 11 de la tabla del § 381.

Ahora, si queremos averiguar la cantidad de agua que, como potencia motriz, se necesitaría para moler toda la aceituna y esprimir todo el aceite que produce España, observarémos, que, por el Estado general, que se halla al fin del *Censo de frutos y manufacturas de España é Islas adyacentes*, correspondiente al año de 1799, impreso en 1803, resulta que *toda nuestra produccion de aceite es* 6''193'886 arrobas; y suponiendo que, para la elaboracion de cada una, se empléen los 12766 pies cúbicos de agua que espresa el núm. 10 de la tabla del (§ 381) para calcular siempre del modo ménos ventajoso, resulta que, *para elaborar todo el aceite que produce la España, se necesitarán* 79'071''148'676 *pies cúbicos de agua* que caigan de un pie de altura; que es mas de *ciento treinta y cuatro mil veces menor* que la cantidad de agua que por el § 48 del libro primero, resulta disponible en España para objetos industriales.

SECCION CUARTA.

Indicaciones generales acerca de los diferentes medios que deberán adoptar los Españoles para sacar mayores ventajas de su produccion de vinos.

430 El modo de hacer el vino corresponde á la economía rural ó economía doméstica del Labrador; y el de hacer el aguardiente, el vinagre, espíritu de vino &c., aunque comprendido tambien en la misma jurisdiccion, deben apoyarse sus operaciones en la aplicacion de la Química á estos importantes ramos. Sin embargo, pueden recibir alguna mejora por parte de la Mecánica para simplificar el modo de pisar la uva y esprimir el mosto; por lo cual, indicarémos lo que nos parece mas oportuno sobre este particular, y añadirémos las noticias que sobre tan importantes ramos hemos podido adquirir, por si alguna de ellas conduce á que se saque mejor partido de nuestros vinos.

431 El modo de pisar la uva, paseándose un hombre por encima en el lagar, sería muy conveniente reemplazarlo por cualquier otro procedimiento mecánico. Lo cual, ademas de adelantar mucho en la operacion, sería muy conducente para ejecutarla con un grado de limpieza que no es indiferente á un estómago delicado. El mas á propósito en mi concepto, sería el echar la uva en un molino como el de la (fig. 99 lám. 8.ª) cubriendo el canto de las volanderas y aun el asiento de la canal en caso necesario, con una especie de estera de esparto muy gruesa, y que podría hacerse de sogas cosidas al través, á fin de que no rompan el huesecillo de la uva; y ya se emplease el agua por motor, ya los animales, se obtendría esta operacion con mas ventajas que por el procedimiento ordinario. Tambien podrán servir los lagares actuales, pero reemplazando con ventaja el pisotéo de los hombres, por un rodillo de madera, ó tambien de piedra, con tal que estuviese cubierto su canto con una estera fuerte y ser movido á brazo de hombres. Tengo noticia de que el Conde de Balsemao en Portugal ideó una cosa por este estilo.

432 La prensa ordinaria para esprimir el mosto podría reemplazarse igualmente por la prensa hidráulica que hemos propuesto para esprimir el aceite: no exigiría esta operacion mas esmero que el de limpiar bien el platillo inferior, ó cambiarlo, de modo que sirviese uno para cada cosa. Si se adoptase este procedimiento, solo habría

que añadir otro depósito para el mosto que saliese, ó recibir este en vasijas que se podrían poner dentro de la tinaja que hace oficios de infierno.

De este modo, los mismos utensilios servían para el aceite que para el vino; y pues que estas cosechas se hacen en épocas distintas del año, no son imcompatibles; y estamos seguros de que los propietarios ilustrados, que adopten estos procedimientos, conseguirán ventajas estraordinarias.

433 Por la comparacion de los resultados de otras operaciones industriales, y las observaciones particulares que yo tengo hechas, me parece que la potencia motriz que se necesitará por el procedimiento que proponemos para pisar y esprimir la cantidad de uva que produce una arroba española de vino, se podrá graduar aproximadamente en la que producirán 1000 quintales españoles, ó 2128 pies cúbicos de agua cayendo de un pie español de altura, que es el resultado del número 12 de la tabla del § 381. Y como por el *Estado general*, que se halla al fin del *Censo de frutos y manufacturas* de España é Islas adyacentes, correspondiente al año de 1799, impreso en 1803, resulta que nuestra produccion de vinos se puede graduar en 48②964③854 arrobas, si multiplicamos esta cantidad por los 2128 pies cúbicos de agua en que aproximadamente hemos computado la potencia mecánica que se necesita para fabricar una arroba de vino, tendrémos que, *para elaborar todo el vino de España, se necesitará una fuerza motriz equivalente á* 104③197②209③312 pies cúbicos españoles de agua que bajasen de un pie español de altura.

434 Aquí podríamos terminar nuestras investigaciones, si nos limitásemos únicamente á las aplicaciones inmediatas de las aguas; pero, así como en el cuerpo de esta obra, hemos hecho cuantas reflexiones nos han parecido oportunas para indicar los medios que pueden producir mejoras y ventajas en nuestro pais, juzgamos que no será inoportuno el incluir aquí las noticias que he podido recolectar, y el fruto de mis meditaciones para sacar un partido mas ventajoso de nuestra cosecha de vino.

Ante todas cosas, no puedo ménos de llamar la atencion acerca de la necesidad que hay de tomar con la mayor exactitud las medidas que propone el *Señor Arias* en la 25.ª de sus Lecciones sobre el modo de hacer el vino. Los estrangeros son tan escrupulosos en esta materia, que, á pesar de que sus terrenos distan mucho de ser tan á propósito como los nuestros, y la calidad de sus uvas sumamente

inferiores á las que nosotros poseémos para el mismo fin, por su esmero particular en el modo de hacer el vino, consiguen muchas veces suplir el defecto de la naturaleza. Yo he reconocido viñedos en el estrangero, que ocupaban solo una colina, como de seiscientos á ochocientos pies de altura; y sin embargo, sus dueños hacían tres especies de vinos diferentes: uno con la uva de la parte mas inferior; otro con la uva del medio de la colina ó ladera, y otro con la de la parte superior. Y por este procedimiento, de un mismo viñedo sacaban tres especies de vino de calidades diversas, acomodada cada una á uso diferente, y que entre las tres rendían mas ganancia al agricultor y con ventaja del consumidor, que si la uva se hubiese pisado mezclada y producido solo una especie de vino malo y de ménos valor que el que rendían entre los tres.

435 Los usos del vino, del aguardiente y del espíritu de vino son conocidos entre nosotros, aunque sería de desear que se pusiese mas esmero en su fabricacion; pero lo que se halla generalmente desconocido es un uso que puede tener el vinagre, para un artículo de comercio que la España podría hacer esclusivamente con muchas ventajas. Tal es la fabricacion de la *sal de Saturno*; para la cual no entran mas componentes que el vinagre y el plomo, productos que España posée mas baratos y mejores que todas las Naciones estrangeras. En efecto, nosotros tenemos en la sierra de Gádor unas minas de plomo capaces de proveer de este metal á toda Europa. Se estrae una cantidad muy considerable por el Mediterráneo y con especialidad para Marsella. En varias partes de la Provenza convierten este plomo en sal de Saturno, y nos la vuelven á enviar á España. Pues si nosotros fabricásemos la sal de Saturno, con nuestros plomos y con nuestro vinagre, y la vendiésemos al estrangero, en vez de que ellos nos la fabriquen, ¿no resultarían de esto grandes ventajas á los Españoles? Por esta causa voy á indicar aquí lo que yo mismo he presenciado en las Fábricas donde compran el plomo á los Españoles para luego volvérnoslo á vender convertido en sal de Saturno.

436 El 24 de enero de 1829 estuve en *Luc*, Departamento del *Var*, en casa de *Mr. Francisco Soulleyet*, fabricante de vino, vinagre, aguardiente, espíritu de vino y sal de Saturno. La práctica para hacer el vino es la siguiente: la uva se estruja por un hombre desnudo en una cuba, cuya forma es la de un trozo de pirámide inversa; de allí cae por una abertura á un depósito qué viene á ser un estanque, hecho de pared ordinaria; á que se le da una capa

de mezcla, compuesta con polvo de teja, cal, y vinagre en lugar de agua, y despues se ponen ladrillos de canto. En dicho estanque permanece todo, á saber: mosto, escobajo, y hollejo de uva, seis, ocho, diez ó doce dias; luego sale por un grifo el mosto, poniendo ántes un poco de ramage: este mosto se echa en las cubas y queda hecho el vino. El residuo se prensa para echar el mosto en las cubas. Este método se parece mucho al usado en Castilla, y con particularidad en tierra de Aranda.

Del orujo, que queda, se separa el escobajo para hacer el vinagre; y lo demas se reservará para hacer aguardiente, que se hace mezclándolo con agua y ejecutando lo mismo que para hacer el aguardiente ordinario. Sale de este modo un aguardiente á 13 ó 14 grados; pero luego se vuelve á hacer con él espíritu de vino á 33 grados, el cual sirve para la pólvora, para quemar, calentar el café, y otros usos en las artes, como el quitar las manchas &c. No sirve para beber, despues de echarle agua, porque tiene el gusto al orujo. Sin embargo, en los paises del Norte lo prefieren al aguardiente de patatas.

437 Para hacer el vinagre, se echa vino malo en una cuba que tiene escobajos de uva, donde permanece 24 horas. Este vino se traspasa ó trasiega á otra cuba, que tiene escobajos de uva que han estado 24 horas sin mas que el contacto del aire. Despues de 24 horas, se trasiega á la que ha tenido los escobajos otras 24 horas al contacto del aire; y á las 6, 8, ú 10 operaciones de estas, queda ya convertido el vino en vinagre, que se echa en cubas y se guarda. En el estío se trasiega el vinagre de una cuba á otra, y cada trasiego le hace adquirir un grado mas de fuerza.

438 Del vino se hace el aguardiente, echándolo en un alambique y haciendo que pase el tubo por donde va el vapor, por tres vasos cerrados de forma ovalada, que allí llaman *huevos*, donde se va condensando dicho vapor; y resulta, en el primer depósito, un aguardiente á 20 grados; en el 2.° de 24 á 30; y en el 3.° de 33 á 34 que es el espíritu de vino, que sale por un serpentin.

439 Para hacer la sal de Saturno, que sirve de mordiente para los tintes &c. y para la Farmacia, se derrite ó funde el plomo en una caldera ordinaria de cobre; de allí se saca á cucharadas cuando está fundido, y se esparce en otra caldera ordinaria de cobre, con lo cual se solidifica en hojas muy delgadas, que se pare-

cen á virutas de carpintero: estas hojas se separan con la misma cuchara y se echan en una cuba con aguardiente hecho del vinagre, que es el vinagre destilado, y se hace como el aguardiente comun. El grado del vinagre debe ser 15 grados del pesalicor: queda en infusion este plomo en el aguardiente, hecho del vinagre ó en el vinagre destilado 12 horas. Despues se hierve en una caldera de cobre hasta 25 grados, y deja en el fondo mucha grasa.

Cuando el líquido está reducido á las dos terceras partes, se pasa á la otra caldera hasta el punto conveniente, que allí dicen es preciso adivinar, y que se debería determinar por el pesalicor; se echa en cazuelas y cristaliza durante la noche. El poso que queda en el fondo de la caldera, que llaman *crasa*, ántes lo tiraban y ahora se mezcla con agua pura y se saca de este modo la mejor sal de Saturno.

440 En casa de *Mr. Caussemille* en Draguignan, el aparato para destilar el aguardiente era de *Mr. Adans*; consta de cinco huevos; en el primero no hay agua, y da el aguardiente á 22, 24, 26, 28, 33, y en el último está el serpentin; el primero que sale por este es de 40 grados, y para tener el grado 33, que es el de rigor, se detiene la destilacion á 30 ó 31 grados, echando un poco en la caldera.

Hay un grifon ó llave que, abriéndole y poniendo un papel encendido, ó un pedazo de madera ó la llama de una vela, si el vapor que sale, arde, es señal de que todavía hay espíritu. Si no arde, la operacion está ya terminada: es mejor concluir enteramente la destilacion.

La saturacion para la sal de Saturno debe ser hasta 12 grados del areómetro para los ácidos, que señala cero en el vinagre puro. La destilacion del vinagre es para quitarle la parte colorante. Lo que resta en el fondo es lo mejor. Se le quita el color lavándolo, se echa en la caldera y se le hace hervir hasta 25 grados del mismo areómetro ó hasta 30; pero conviene detenerse en 25, porque á este grado se quita el fuego para que deposite la parte crasa, y caiga al fondo; la que no se precipitaría con tanta facilidad si el peso específico fuese mayor. Al dia siguiente se saca por un grifo, y se pasa á otra caldera. Se hace hervir hasta 50 ó 55 grados, que es el punto de cristalizacion: entónces se quita el fuego, se deja enfriar un poco, y se pone el líquido en cazuelas de barro vidriado, y al dia siguiente está ya cristalizado; se ponen las cazuelas verticales para que se seque, y al cabo de unos 8 dias queda seco enteramente y acabada la operacion.

La 1.ª vez que el vinagre toca al plomo, es indiferente el tiem-

po que está. Se quita el vinagre para que quede el plomo en seco, y se oxide con el contacto del aire. Con un quintal de plomo se hace quintal y medio de sal de Saturno: la libra de sal de Saturno se vende á unos 10 sueldos, esto es á dos reales vellon.

Habiendo vuelto á conferenciar con *Mr. Soulleyet*, despues de haber visto el aparato de Draguignan, me dijo que él podía hacer al dia con una sola caldera 120 á 130 libras de sal de Saturno; añadió que su aparato para destilar el espíritu de vino era mejor, mas moderno y económico que el de *Mr. Caussemille* de Draguignan: me dijo igualmente que en Flassan había un alambique traido del Languedoc que es donde se hacen mejores, el cual consiste en 3 calderas unidas, y que cuando una ha acabado, bajaba el líquido de la segunda y así sucesivamente. El alambique de Flassan hace al dia una pieza de espíritu de vino de á 13 quintales. El de Luc necesita dos dias y dos noches: el de Flassan ha costado unos 40000 reales, y el de Luc unos 24000 reales. Los huevos y el alambique son de cobre sin estañar. El fierro no puede servir para alambiques de ninguna especie. Los alambiques de destilar el vinagre se estropean mucho, porque el vinagre ataca al cobre.

441 Ahora bien, es un hecho el mas comprobado, que en gran parte de lás Castillas arrojan á la calle el vino que sobra de una cosecha para otra, y aun consta que se empléa para hacer la mezcla de los edificios: pues si usando de buenos alambiques, en parages donde abunde el combustible, convirtiesen el vino sobrante en espíritu de vino, y lo esportasen al estrangero por nuestros puertos septentrionales, ¿no resultarían de esto unas ventajas de mucha consideracion?

442 Y si se convirtiese en vinagre este vino sobrante, y se fabricase sal de Saturno con él, ¿no podríamos hacer esclusivo este comercio, convirtiéndole en activo, de pasivo que es ahora, y muy ventajosamente?

443 En Pignans acostumbran cocer el vino, y lo comen con pan tostado; sabe bien y alimenta. Se reduce á cocer el mosto cuando se pisa la uva ántes de pasar las 24 horas, hasta que haya disminuido la 4.ª parte. Se guarda y es un vino dulce muy agradable. Tambien hacen en el estrangero con el orujo de la uva una bebida que llaman *piquette*, y que es análoga á lo que se conoce entre nosotros con el nombre de *agua pie*. Debería propagarse entre nosotros, y particularmente en Castilla la costumbre que se observa en algunos pueblos del mediodia de España, de hacer un arrope muy

estimado cociendo el mosto hasta darle un punto conveniente y mezclándole al fin frutas ó trozos de calabaza, berengenas, melon &c. Tambien hacen otro alimento nutritivo y agradable cociendo las uvas desgranadas hasta el punto de arrope, á lo cual llaman uvate.

444 El orujo de la uva empleado como abono, sirve para ablandar las tierras fuertes, y aun para calentarlas, siendo muy susceptible de fermentacion; pero es necesario para esto, enterrarlo desde luego despues de la vendimia, y no amontonarlo ó hacinarlo como se hace comunmente, en atencion á que pierde una gran parte de su virtud fermentativa, lo que le hace blanquear y desnaturaliza sus principios. Se ha hecho esparcir igualmente con buen éxito al pie de los olivos, al salir de la prensa, despues de un dia de lluvia. Conservado en un lugar fresco en cuevas ó sótanos, despues de haberlo hecho fermentar con el auxilio del agua, se puede emplear como un preservativo de la sequedad, poniéndole al espesor de 5 ó 6 pulgadas (al fin de la primavera), al rededor del pie de los árboles frutales que no se pueden regar, y cubriéndolo con un poco de tierra. El orujo de la uva resguarda aun de la podredumbre á las plantas bulbosas, tales como el ajo, el azafran &c. cuando se les da por abono á las tierras ántes de plantarlas.

445 No nos aventurarémos demasiado en asegurar que, de todos los frutos conocidos, la uva es la de que se hace uso bajo mas diferentes formas; pues su orujo, que es despreciado por muchos propietarios, tiene tambien importantes aplicaciones; por lo que recapitularémos aquí sus principales usos. 1.º Se saca de él buen vinagre, haciéndole agriar al aire, y prensándole fuertemente. 2.º Se saca de él aguardiente, destilándole despues de haberlo echado en el agua hasta un cierto punto para hacerle fermentar. 3.º Se le puede emplear por todas partes en la fabricacion del verde gris, como se practica en Montpeller, donde se prepara desde tiempo muy antiguo, siendo las mugeres las que están encargadas de todos los detalles de esta operacion. 4.º Se quema para obtener potasa, resultando de ocho quintales de orujo mas de un quintal de ceniza. 5.º Se abonan ó estercolan con él los árboles, y es propio para dividir las tierras fuertes. 6.º Es un buen alimento para toda clase de ganados, como vacas, cochinos, cabras, carneros, caballos, asnos, conejos &c. mezclándolo con la paja, salvado, ó plantas de forrage. 7.º Los huecesillos ó pepitas, los apetecen mucho las palomas, y dan un aceite preferible al de nueces, y á otros aun mas delicados.

Este último uso puede traernos muchas ventajas; y por lo mismo

tenía recopilados los diferentes procedimientos que están en uso en Italia, para sacar aceite de los huesecillos ó granillos de la uva; pero habiendo visto despues, que estos procedimientos se hallan descritos en el tomo 2.° del Semanario de Agricultura y Artes á la pág. 184; nos abstendrémos de insertarlo, para evitar repeticiones de lo que se halla en otros libros en Español: contentándonos con indicar que la cantidad de aceite que producen viene á ser, por término medio, un sesto ó un séptimo de su peso.

446 Este aceite no solo es igual al de nueces, sinó que le escede aun bajo muchos aspectos; su luz es mucho mas clara, y se puede comparar á la del aceite de olivo. No exhala ningun olor, aun cuando se queme por espacio de mucho tiempo en una pieza estrecha. Jamas se le oye chisporrotear. Dura mas largo tiempo que el de olivo y de nuez. Se asegura en Módena que una libra de este aceite dura tanto como libra y media del mejor aceite de nuez.

447 Reasumiendo, pues, cuanto hemos dicho en esta seccion, resulta que los Españoles podrían sacar mayores ventajas del producto de la vid, si adoptasen las medidas siguientes: 1.ª Despachurrar la uva por un molino semejante al del aceite ó sidra (fig. 99 lám. 8.ª), ó por un rodillo de madera ó de piedra, en los lagares ordinarios. 2.ª Echar el orujo que resulte en una tina, con agua y desmenuzarlo con la mano, ú de cualquier otro modo, para que los huesecillos se vayan al fondo, y lo demas sobrenade. 3.ª Esto que sobrenadase, juntamente con toda el agua, destilarlo para espíritu de vino destinado á las artes, ó para el Norte, pudiendo suceder que por este procedimiento pierda el mal gusto que adquiere cuando se destila con los huesecillos. 4.ª Machacando estos para sacar el aceite, ó darlos mezclados con paja á los bueyes; pues segun se espresa en el diálogo tercero de Juan de Arrieta pág. 268 del tomo 4.° del Herrera, esto les dá mucha sustancia. 5.ª Convirtiendo el vino en Castilla, y en otros parages donde sobre, haciendo uso de buenos alambiques, en aguardiente ó espíritu de vino para trasportarlo al Norte, ó en vinagre para la fabricacion de la sal de Saturno.

448 Todas estas operaciones son fáciles de ejecutar por las personas destinadas á las labores del campo; y de su establecimiento resultarían ventajas de mucha consideracion. Por lo que aconsejamos, que, en vez de contentarnos con aquella especie de desahogo que se siente al quejarnos del tiempo y de la naturaleza, tengamos presente que tanto el tiempo como la naturaleza nos gritan sin cesar y con razon: *Ayúdate y te ayudaré.*

SECCION QUINTA.

Indicaciones generales acerca de los diversos medios que deberán emplear los Españoles para sacar mejor partido de sus lanas.

449 La nombradía de las lanas españolas ha sido en todos tiempos tan estraordinaria, que aun en el dia, que se hallan enteramente desacreditadas, escitan, en los que se ocupan de su manufacturacion, un entusiasmo tal, que se les oye esclamar, compadeciéndose de que nos hayamos quedado tan atras respecto de las demas de Europa, y especialmente de las de Sajonia. El menoscabo que, con el descrédito de nuestras lanas, ha sufrido su granjería y comercio entre nosotros, no puede ménos de interesar y llamar la atencion de todo Español amante de su pais; pues por una parte los clamores y lamentos de los ganaderos no pueden ménos de escitar la sensibilidad; y por otra, los esfuerzos del Gobierno, que para fomentar este ramo no ha omitido medio alguno, llegando hasta el punto de haber quitado los impuestos que tenía su estraccion, dan á conocer del modo mas positivo, que deséa su fomento por cuantos medios son imaginables. Por todos estos motivos he procurado en mis viajes, adquirir noticias acerca de las causas de este deterioro, y sobre el modo de remediar dicho mal. He visitado cuantos establecimientos he podido en Annonay, en Louviers, en Elbœuf, en Cercamp y en las inmediaciones de París, habiendo llamado mucho mi atencion el establecimiento de *Mr. Ternaux* en Saint-ouen, á unas dos leguas de París, donde he visto el modo de cuidar los carneros, y he conferenciado sobre el particular con *Mr. Ternaux*, compañero mio en la Sociedad para la instruccion elemental de París, y con varios individuos de su establecimiento, así como con los fabricantes de máquinas para el cardado, el hilado, peinado y tejido de la lana.

450 Varias veces he manifestado en esta obra, que no siendo mi objeto repetir lo que ya está dicho en los libros españoles, solo me contraeré á lo que no conste en otra parte. Así es, que, mientras yo estaba componiendo este Tratado, se han impreso en España las *Memorias sobre la utilidad de la importacion y cria en Francia del ganado lanar de raza perfeccionada, y modo de cruzarlo con las ovejas indígenas, y naturalizarlo en todo pais, su Autor Mr. Ternaux, traducidas, analizadas y comentadas en algunos puntos principales por Don Manuel María Gutierrez, Secretario vocal de la*

Real Junta de Aranceles; y debemos asegurar con la franqueza que nos es característica y sin temor de incurrir en la lisonja, que dicha obra ha ganado mucho con las oportunas adiciones del *Señor Gutierrez*; por lo que, recomendando su lectura, omitiré lo que allí se espresa, y me contraeré á lo demas que yo tenía recolectado.

451 De las muchas y repetidas conferencias que he tenido sobre este particular, resulta que el principal inconveniente que ponen ahora á la lana española, es el ser muy *rígida*, esto es, demasiado fuerte, lo cual origina el que doblándose y plegándose con dificultad, no deja percibir la belleza de las formas. Y como en estos últimos tiempos, las Señoras prefieren las telas de lana á las de seda, y conviene al bello sexo la flexibilidad de los vestidos, la suavidad &c., de aquí ha resultado el gran consumo de los merinos, para cuya fabricacion no se hace uso en el dia casi de ninguna lana española.

452 Sin embargo, como el órden variado de la naturaleza proporciona, en ciertas ocasiones, el bien donde en un principio no se veía sinó el mal, parece, que el absoluto descrédito de nuestras lanas, si se hace un uso conveniente de lo que vamos á esponer, podrá originar el que saquemos de ellas mayor provecho.

En efecto, ántes no sacábamos casi mas partido que el de la estraccion de las lanas sin manufacturar; ahora no tiene salida por el mencionado descrédito en que han caido. La causa es que son demasiado rígidas ó fuertes, que resisten á plegarse, y no pueden servir para los usos mas elevados de la sociedad, como son para los petimetres y elegantas; pero este uso es de muy poco momento respecto de los demas empléos de las telas de lana para la clase media, que es considerabilísimamente mas numerosa que la clase alta y elevada que hace uso de los merinos. En este concepto, deben reducirse á dos puntos principales las investigaciones de todos los interesados en esta granjería: 1.° *á escogitar por la via del raciocinio, de la observacion y de la esperiencia, los medios que se deberian adoptar para dar á nuestras lanas la correspondiente flexibilidad, y que vuelvan á ocupar el primer lugar en el comercio*; y 2.° *á facilitar los medios de manufacturarla, para que presentando en los mercados estrangeros ropas de mayor abrigo y duracion, se puedan vender mas varatas*: en cuyo caso es indudable su consumo, y nos resultarían mas ventajas; pues si media ó una docena de personas, fuesen ó no ganaderas, se reuniesen, y manufacturasen estas mismas lanas, y aun las ordinarias, por los procedimientos y en el sitio que indicarémos, se fabricarían telas, que,

llevadas á vender á los mismos parages donde en Sajonia se obtienen las mas celebradas lanas, se podrían dar nuestras telas por la mitad del precio de las que allí se fabricasen; y serían mas apreciadas para la gente trabajadora y de la clase media; puesto que abrigarían y durarían mas; y en última análisis, prescindiendo de las personas que tienen un grande interés en dejar percibir la belleza de las formas y que á esto pospongan todo lo demas, á la clase media, que es la mas numerosa, lo que le importa es conciliar su abrigo, con el poco gasto y la mucha duracion.

453 Ambas cuestiones son de la mayor importancia; y aunque independientes entre sí, conviene no descuidar ninguna de ellas. Así es, que debemos por todos los medios posibles procurar dar la competente suavidad á nuestras lanas, para restablecerlas en su opinion antigua; en cuyo caso, tapando la boca á las gentes de gran tono, que son las que dan la ley en la opinion, volveríamos á poner esta granjería en el lugar que le corresponde; y si á esto se añadiese el haber ya cobrado algun crédito los tejidos que con ellas manufacturásemos, resultarían unas ventajas de mucha consideracion.

454 Para proceder con órden, insertaré aquí ante todas cosas las noticias que tengo recogidas, y del mismo modo que las he recolectado en mis viages, omitiendo las adquiridas en los establecimientos de *Mr. Ternaux*, por hallarse en las memorias citadas; y despues reasumiré mi opinion.

Los *Señores Seguin*, célebres Ingenieros, á quienes tantas veces hemos citado, tenían en Annonay una fábrica de paños, donde yo he visto por la primera vez un telar mecánico movido por el agua; y por aquí principiaré.

La muchacha, que tejía, no hacía mas que mudar la lanzadera cuando no tenía mas trama. Estos telares los construye *Mr. Collier* en París; se han inventado hace tres ó cuatro años; cuesta un telar de 800 á 1000 pesetas. La ventaja, respecto de los otros, consiste: 1.° en la uniformidad; 2.° en que el agua no se cansa y se puede hacer la obra mas fuerte por una muger. Pero, ademas, una muger puede dirigir dos telares á un mismo tiempo, cuando en los ordinarios se necesita para mover un telar un hombre robusto, y aun dos si no lo es tanto. En España, segun me han informado, acostumbran trabajar dos hombres en un telar. Luego resulta solo por esta consideracion, que la manufactura cuesta ménos de la cuarta parte que la ordinaria.

Me dijeron los *Señores Seguin*, que la cosa mas esencial para

el paño es el lavado de la lana: que la de España es necesario lavarla en agua en que se haya lavado ya la lana mas grosera. En el agua tibia ó á 60 grados cerca, no se debe hacer mas que empaparla, y despues se debe pasar al agua fria, donde se lava &c.

455 En la fábrica de hilar lana de *Mr. Hache Bourgois* en Louviers, se hilan al dia 1000 libras de lana: se le echa por lo regular la 5.ª parte de aceite; y para hilar sumamente fino, le echan alguna vez hasta la 4.ª parte. No empléan ya lana de España, porque los paños salen demasiado rígidos ó fuertes. Prefieren las de Sajonia y aun las de Francia, que están muy mejoradas y dan los paños mas suaves. Las lanas de España, dicen, que no vienen suficientemente desgrasadas; traen acaso un 20 por ciento de inmundicia que es estraña; y como pagan derechos, y estos, así como el trasporte, se satisfacen en proporcion al peso, resulta poca ventaja al fabricante. Los paños, hechos con lana de España, son mejores bajo el aspecto de la fuerza; mezclando la lana, ántes de cardarla, pierden algun tanto su rigidez. Las lanas de Sajonia son las que producen mejores paños á la vista y al tacto. El precio de las mejores lanas de Normandía era en 1829 de 5 pesetas la libra. Al desgrasarla y teñirla, pierde una 4.ª parte de su peso.

Cardar la lana cuesta 4 sueldos la libra; hilarla de modo que una libra tenga un hilo de 30 *aunes*, cuesta otros 4 sueldos. En aquella fábrica compraban la libra de lana de corderos, ó sea lo que nosotros llamamos añinos, á 3 francos y medio; despues de lavarla, cardarla, teñirla é hilarla, la vendían á 6 francos y tres cuartillos. Solo en Sedan tiñen el paño en piezas y sale bien. En los demas parages es preciso teñir ántes la lana. El color de escarlata se tiñe tambien en piezas, y por consiguiente se hila en blanco.

El hilado para los merinos, y los chales de las Señoras, que es lo que hace el *Baron de Fourmont*, es una operacion diferente; es una lana peinada y no se hace absolutamente nada con el aceite; los mecanismos son enteramente diversos.

La lana, al cortarse de los carneros ordinarios, se compra á 16 ó 18 sueldos: se necesitan 6 libras de la cortada del carnero para hacer una *auna* del paño ordinario del mas comun de Louviers. Se vende la *auna* á 15 francos y 10 sueldos. Por consiguiente, habiendo comprado 6 libras de lana á 18 sueldos, cuesta la materia primera 108 sueldos: se vende por 310 sueldos, luego el valor de todas las operaciones es 202 sueldos, esto es, cerca del doble del capital empleado. En general, por término medio, se puede ase-

gurar, que el valor de la lana es la 3.ª parte del valor del paño, es decir, que la materia primera es la 3.ª parte del valor de la tela que produce.

En 11 dias se puede convertir la lana en paño; pero esto es por un esfuerzo estraordinario. Lo regular, es gastar dos ó tres meses; pero, atendiendo á todos los accidentes imprevistos, se puede reputar con seguridad que el capital se renueva lo ménos 2 veces por año.

La visita y reconocimiento, que hice de la espresada fábrica de *Mr. Hache Bourgois*, me proporcionó la ocasion de convencerme prácticamente y del modo mas positivo, de la causa que ha originado el absoluto descrédito de nuestro aceite, y de la razon por la cual lo han desterrado ya enteramente de dichas fábricas. Referiré el hecho del mismo modo que se verificó. Una de las cosas que originan la prosperidad de varios ramos de industria en el estrangero, es el que las mugeres é hijas de los fabricantes cuidan de la parte económica de los establecimientos industriales, mientras que los maridos se ocupan en el perfeccionamiento en grande de su industria. En aquella casa existía una fábrica de cardas perfectamente montada; y una fábrica de paños muy bien dirigida. La Señora principal cuidaba de la parte económica de toda la fábrica de cardas; y la Señorita, que era un modelo de discrecion y hermosura, cuidaba de la parte económica de la fábrica de paños. Yo recorrí ambas fábricas diferentes veces, presenciando todas sus operaciones; y no habiendo visto echar el aceite á la lana, manifesté á la espresada Señorita mis deséos de presenciar tambien esta operacion: y me respondió que me avisaría en el momento conveniente.

No sé por qué casualidad se reunió en aquella casa un número considerable de personas; tanto la Señora como la Señorita estaban sumamente elegantes, y quedándome muy poco tiempo de estar allí, recelaba ya que, con motivo de aquella numerosa concurrencia, no podría yo ver lo que deseaba. Pero al sonar una hora determinada, se levanta la Señorita, y me dice que la acompañe á ver lo que solicitaba. Toma una llave y nos fuimos al taller; abrió por sí misma un cuarto; entraron los operarios con ciertas vasijas de hoja de lata, las llenaron de aceite, nos salimos fuera; los operarios echaron á nuestra presencia el aceite sobre la lana, y nosotros nos volvimos á donde estaba la demas concurrencia. Pregunté á la Señorita si aquel aceite era de España; me dijo que no, que aquel era de Niza, y que no usaban ya del de España por la siguiente razon. El

fabricante, que no vigile todas las operaciones esenciales, se pierde sin remedio. Así es, que si una persona interesada no presencia la operacion de echar el aceite á la lana, podrá suceder que los operarios reserven para sí una cierta parte del aceite; lo cual produciría no solo el mal del desfalco del aceite, sinó el perjuicio que de esto resultaría en la preparacion de la lana; y que como el aceite de España tiene tan mal olor, si usasen de él, se hubieran impregnado los vestidos de aquel olor desagradable; y al volver á la concurrencia, no solo todos quedarían enterados de la operacion que se acababa de ejecutar, sinó que se les molestaría con un olor incómodo y fastidioso; por cuyo motivo, hacía ya mucho tiempo que no usaban absolutamente del aceite de España. Esto comprueba la necesidad de mejorar tambien la elaboracion ó fabricacion de nuestros aceites: y justifica el motivo por el cual nos hemos esforzado tanto, en la seccion tercera de este mismo capítulo, para indicar las mejoras de que es susceptible este ramo de industria agrícola.

456 Acerca de la máquina para cortar el pelo al paño, juzgan los fabricantes de Louviers que los mecanismos de tundir en forma de tijeras hacen mejor el trabajo que los hechos en espiral. El telar movido por el agua, en Louviers en casa de *Mr. Perier*, está hecho tambien por *Mr. Collier*. Allí están persuadidos de que al principiarse una industria en un pais, donde no la hay, las ganancias son mas considerables; cuando se halla establecida como sucede en Louviers, no se verifica lo mismo. La utilidad, renovando el capital 2 veces por año, se puede reputar á razon de 12 por ciento; esto es, á 6 por ciento en cada época. Pero el beneficio es ménos por las quiebras que hay.

457 En la fábrica de *Mr. Victor Grandin* en *Elbœuf*, para dar lustre á los paños, los ponen en una prensa hidráulica que tendrá unos 10 pies de alto; prensando á la vez unas 15 piezas que disponen entre tableros de madera; y con planchas de fierro calientes, en medio de cada dos piezas; para cuyo efecto las ponen de canto en un horno donde hay leña por debajo; aunque las planchas van ahumadas, como quedan entre dos tableros, no perjudican al paño, y no estando enrojecidas, no queman los tableros aunque huméan algo.

Esta fábrica, que yo visité en abril de 1829, es la mejor de cuantas existen en Francia. La bomba de vapor, que sirve de potencia motriz, es de la fuerza de 24 caballos. Costó 40@ pesetas, esto es, ocho mil duros. Los gastos de colocacion, horno &c. ascendieron á cuatro mil duros. Los gastos de conservacion, reparacion, &c. segun

las noticias que tomé acerca del carbon que necesitaba diariamente, del sebo, aceite, y operarios para cuidar de la máquina, echar carbon, limpiar el horno &c., se puede reputar en unos 300 reales al dia.

Esta máquina da movimiento á los aparatos de preparar y cardar la lana; y hace obrar 24 aparatos de hilar, compuesto cada uno de 90 brocas, á varias máquinas para sacar el pelo al paño, á 100 mesas de cortar el pelo con tijeras &c. &c.

458 Visité el 18 de abril el establecimiento que el *Señor Baron de Fourmont* tiene en las inmediaciones de Cercamp, para hilar los merinos; y la persona, que tenía en su casa, me dijo que, ántes de cortar la lana, convenía lavar el carnero vivo, y despues esquilarlo. Esto parece tener por objeto no solo el que salga mas limpia la lana, sinó que se retire el sudor ó traspiracion del animal.

Llaman *jarres* á lo que nosotros designamos bajo la denominacion de *pelo cabruno*, y son los pelos largos y duros que se encuentran en la lana, y principalmente en la de España; y dicen que son *pelos muertos ó no nutridos*; se parecen enteramente á pelos de cabra, y vienen á ser semejantes á los ganchos de los árboles que se secan. La lana que tiene *jarres*, aunque sea bajando el precio una peseta en libra, lo que hace 100 reales por arroba, no la quieren por ningun acontecimiento; añadió que la lana inglesa tambien tenía *jarres*, pero no tantos como la española.

Opinan tambien que la causa de la rigidez ó poca flexibilidad de las telas, que resultan de nuestras lanas, es el sudor del animal y el estar siempre á la intemperie; que la preferencia de las lanas de Sajonia y de Francia sobre las de España, era por ser mas suaves al tacto y mas flexibles.

Tanto el Señor Baron como el sugeto que tenía en su casa, convinieron conmigo en que *si los merinos de España no estuviesen siempre á la intemperie, adquiririan nuestras lanas la suavidad de las de Francia y Sajonia*: pues si estas Naciones las tienen mejores, es por haber llevado nuestros merinos y conservarlos en los establos, dándoles de comer de todo, á saber: heno, trébol, paja, grano &c., pues de todo se alimentan.

Tambien me dijo el Señor Baron, que la lana apetecía los parages húmedos y calientes; por lo cual él había hecho una escavacion para colocar sus talleres en un piso no bajo sinó medio asotanado.

459 El dia 2 de mayo de 1829 visité el magnífico establecimiento, que cerca de Lieja en Bélgica, tiene *Mr. Cockeril* para la fa-

bricacion del fierro y toda especie de máquinas, sean de vapor, sean para todos los ramos de industria; y ví tambien en dicho dia su establecimiento de Lieja, donde está la máquina para hacer cardas. Es asombroso el mecanismo. En un mismo cuarto había 9 máquinas de hacer cardas de diferentes anchos. La misma máquina recibía el alambre, lo doblaba, lo cortaba, agujereaba la piel y metía los alambres por los agujeros. Si el alambre se acababa, ó se quebraba, la máquina seguía haciendo los agujeros, pero como entónces no había alambre, quedaba un espacio con agujeros, y era preciso poner las puas á la mano. Dos muchachos y un hombre cuidaban de las 9 máquinas. Pregunté cuanto costaba cada una, y me respondió *Mr. Cockeril* que una con otra costaría unos *mil duros*.

460 Como la preparacion de la lana para los merinos es un procedimiento enteramente nuevo, pues en vez de cardar la lana, se peina y despues se hila &c.; y no tengo noticia de que se haya establecido nada de esto en España; procuré contraer amistad con *Mr. Flint*, hijo, Ingeniero mecánico en París, que construye los aparatos en que se preparan, peinan, hilan &c. las lanas destinadas á fabricar los merinos. *Mr. Flint* tiene sus talleres en París rue *Moreau* núm. 17 faubourg Saint Antoine. Los primeros ensayos y esperimentos sobre tan importante materia, se principiaron en 1811, y hasta 1826 no consiguieron hilar las lanas peinadas; pero se logró con un grado de perfeccion casi desconocido hasta entónces; en los 15 años que mediaron, no han cesado tanto el padre como el hijo, de hacer un gran número de esperimentos, y por una série no interrumpida de investigaciones han consegido una gran perfeccion en su sistema. Reune al mismo tiempo la bondad á la sencillez; las preparaciones cuestan cerca de la mitad ménos que por todos los sistemas conocidos hasta el dia; y aun los peines que son una cosa esencial. Los gastos de conservacion ó diarios son casi nulos comparados con los del otro procedimiento: ventaja que debe sobre todo fijar la atencion de los fabricantes. En cuanto á la regularidad del hilo no deja nada que desear.

Estos Ingenieros son los que han construido todos los aparatos del Establecimiento del *Baron de Fourmont*, de que hemos hablado (458), cuyos productos son muy estimados; las máquinas han costado 128000 pesetas; hilan diariamente de 400 á 500 libras de hilo de lana ó estambre.

Para preparar é hilar las lanas peinadas, en un surtido, se necesita una fuerza de dos caballos de vapor. El surtido produce en 12

horas de trabajo 40 libras del número 38 á 40, de 520 vueltas. Se puede hilar con velocidad hasta el número 80. Empléa ocho operarios; y se compone de 6 preparaciones y de 4 *Jenny-Mull* de 160 brocas, construidos con cinco filas de cilindros acanalados.

El surtido, así completo, se vende pronto á operar por la suma de 26000 pesetas en sus talleres. Los gastos de embalage, cajas y trasporte se hacen por el comprador. Segun *Mr. Flint*, se toma la lana peinada ya á 6 pesetas la libra; y por este medio se hila y se vende hilada á 10 pesetas la libra por término medio. La lana merina de España se compra á 8 pesetas la libra (sale á 800 reales la arroba); se vende, despues de hilada, á 15 pesetas la libra. La lana de España de merinos, dijo ser preferible á la de Sajonia respecto de la finura; pero la de Sajonia es mas larga y sedosa y se peina mejor. La libra de lana de Sajonia cuesta 15 pesetas, y se vende, despues de hilada, á 25 ó 26 pesetas en el número 70 á 80; lo mas fino es el número 80. Mas esforzándose algun tanto se podría conseguir con la lana de España hasta el número 100, porque dicha lana es sumamente fina y ligera *, esto es, tiene un peso específico menor que las otras, y con especialidad que la lana inglesa, que es la mas pesada.

Estambre ó hilaza del número 80 quiere decir, que en la libra entran 80 piezas de hilo de lana ó estambre; cada pieza contiene 500 vueltas, y cada vuelta tiene 52 pulgadas de circunferencia: por lo que *lana hilada al* núm. 80 *quiere decir, que una libra daría un* hilo de 2080000 pulgadas de largo. Los cuatro telares pueden hilar 40 libras en 12 horas de trabajo al número 40.

En 30 pies franceses de largo, que hacen 42 pies españoles, y 31 de ancho, cabe un surtido de 4 *Jenny-Mull*. En el mismo espacio se pueden colocar dos surtidos de preparacion. De manera, que haciendo una casa con dos pisos, se tendría todo lo correspondiente á un sistema. La disposicion sería la siguiente. En el piso bajo un surtido de hilado, en el cuarto principal otro, y en el segundo los dos surtidos de preparacion. La altura del cuarto bajo debe ser de 11 á 12 pies españoles; es decir, que el piso principal debe estar 11 ó 12 pies mas alto que el piso bajo. La altura del cuarto principal y segundo debe ser de 9 á 10 pies españoles.

Las máquinas de hilar se deben colocar en el piso bajo, por dos razones: primera, porque el mayor peso debe estar abajo; y 2.ª por-

* Esto puede consistir tambien en que nuestras lanas merinas gozan de una prodigiosa elasticidad.

que mientras mas cerca estén del motor, ménos fuerza se pierde. Los aparatos para la preparacion no deberán ser mas que una corréa que se mueve por el motor.

461 Las noticias que yo he podido recolectar en España se reducen á que *Don Miguel Alvarez Osorio* en el apéndice, á la educacion popular parte 1.ª dice. "Los géneros, que se fabrican con la lana, unos son muy delgados que pesan á tres onzas cada vara, otros á cuatro, y en esta conformidad van subiendo. Los mas pesados son los paños que pesan á mas de una libra cada vara. Regulando estos y los demas géneros con las lanillas que pesan á tres onzas, los pongo todos por ocho onzas cada vara; saldrán de cada libra dos varas."

Deseando examinar el peso actual de nuestros paños, me valí de personas de toda confianza, y me proporcionaron hacer esta indagacion, de la cual resultó: que el paño negro español que en general se comprende bajo la denominacion de primera clase ó primera suerte, cuyo precio regular era de 116 reales vellon, pesó 18 onzas la vara. El negro de segunda suerte ó clase, cuyo precio regular era unos 88 reales pesó la vara 17 onzas. El paño de color castaño de tercera, cuyo precio regular era de 66 reales, pesó la vara 19 onzas y $\frac{11}{15}$ de onza. El paño verde de cuarta clase, cuyo precio era de unos 44 reales, pesó la vara 22 onzas. El mejor paño negro inglés, cuyo precio es unos 180 reales vellon, pesó la vara 17 onzas. La vara de la tela conocida bajo el nombre de merinos, cuyo ancho es de vara y media y su precio unos 58 reales, pesó unas 6 onzas.

El tiempo que se tarda en tejer una vara de paño en nuestras fábricas, es el siguiente: en el de primera clase, suerte ó calidad se gastan 8 horas; en el de segunda, 6 horas; en el de tercera, 4 horas; en el de cuarta 2½ horas, y en el de quinta, como hora y media.

462 La lana merina española puede perder en el lavado como la décima parte de su peso; la churra suele perder hasta la mitad: la merma que sufren nuestras lanas desde el último lavado hasta darla á la máquina de cardar asciende á 2½ por 100.

463 Limpia ya la lana blanca, se acostumbra en España echarle la cuarta parte de aceite. De modo que á 100 libras de lana blanca, limpia para hilar, se le echan 25 de aceite, y producen por lo regular 114 libras de hilo de estambre: resultando 11 libras de merma entre el peso del aceite y el de la lana.

464 Sobre todos estos puntos no se puede sentar una base sólida, por motivo de variar los resultados, segun la calidad de la lana y otras diversas circunstancias; pues todo influye mucho al aumento de merma en el hilado, &c.; pero siempre estos resultados que ponemos como términos medios aproximativos son interesantes en muchas investigaciones.

465 Deseando yo adquirir noticias exactas del modo con que se efectúa el esquiléo en España, he conferenciado con varias personas inteligentes, entre las cuales no puedo ménos de citar al *Excelentísimo Señor Marques de Cerralbo*, que, tanto por ser un propietario ilustrado, como por haber estado en Sajonia y presenciado el modo de cuidar allí el ganado merino, su parecer es de mucho peso en esta materia. Y del conjunto de noticias adquiridas, resulta que en efecto nuestro ganado merino permanece siempre á la intemperie. Dos ó tres dias, ó la víspera en que se ha de esquilar dicho ganado, se introduce en los *encerraderos* del esquiléo. Permanece allí encerrado el tiempo necesario para que, en el caso de que haya llovido, no lleguen á esquilarse con humedad.

Se llama *encerradero* á una grande habitacion ó *tinada* en que caben de ocho á diez mil cabezas, tal es el de *Don Benito Felipe Gamindez* * en el Congosto cerca de Salamanca. Del encerradero pasa

* Este sugeto es una de las personas que mas conocimientos tienen acerca de lanas; y no puedo ménos de manifestar aquí mi sentimiento de que las circunstancias no me hayan permitido tratarle, con el fin de conferenciar acerca de este importante asunto, apoyar mi doctrina sobre las bases ó hechos que un sugeto de tanta pericia en el ramo de lanas me indicase, y que el público pudiese obtener mayor cúmulo de luces. Para suplir esta falta, diré, que habiéndole escrito el Excelentísimo Señor Marques de Cerralbo, que yo me ocupaba en este asunto, el mencionado Don Benito Felipe Gamindez le contestó en 15 de mayo del presente año de 1832 desde Bilbao lo siguiente:

«El ramo de lanas españolas en Inglaterra sufre todos los dias novedades estraordinarias, pero siempre perjudiciales á nosotros. Las sajonas, que se vendían ántes desde 9 á 14 chelines, se venden hoy de 4 á 5, y con este motivo empléan las españolas para mezcla y elasticidad de los paños de primer órden, que no puede dar la sajona por sí sola.......

....»El Don José Mariano Vallejo, de quien V. me habla, tendrá trabajo y grandes dificultades para escribir lo que es menester sobre mejora del ramo de lanas españolas; cuyo particular abraza tantas dificultades, y son tantos los palillos por mover, que se necesitan grandes noticias, muchas observaciones, estendidas y juiciosas esperiencias, conocimientos científicos y prácticos de las causas por qué han adelantado tanto nuestros rivales, y un convencimiento íntimo de lo inútil y perjudicial de nuestras rutinas, con otra infinidad de causas de las que algunas hay sujetas á demostraciones matemáticas, como las que pueden hacerse por quien lo entiende.

»Yo estoy cansado de predicar sobre esa materia, y desengañado de

el ganado á la pieza que llaman *sudadero*, que es un cuarto muy estrecho donde ponen muy apiñado el ganado para que sude mucho. De allí trasladan á los animalitos á donde están los esquiladores; y

---

que en los puntos de variar las prácticas rutinarias sale uno apaleado por verdades que diga; pues los mismos que habían de sacar ventajas, intercalan cuestiones inoportunas, y apoyándose en las costumbres antiguas, olvidan hasta la misma ruina que están experimentando. Sin embargo, bien quisiera, que en su obra tocase algo, con el fundamento que puede, sobre los artículos que van en papel separado."

Estos eran: «1.º Estado actual de lanas alemanas y francesas, con las propiedades de cada una; coste que tiene la manutencion de cada oveja alemana y francesa. Propiedades de las lanas españolas, y coste de la manutencion de una oveja, demostrando con estos datos que con la baratura de las españolas, y aplicando todos los remedios á nuestro alcance para dar á la lana española todas las propiedades intrínsecas de que son susceptibles, será y debe ser la Nacion que mantenga esclusivamente el ramo de lanas, y recupere el grado de esplendor de otros tiempos.

2.º »Para lograr esto, es indispensable reunir los conocimientos no solo de los Ganaderos, sinó de todas las personas versadas en las ciencias auxiliares de la Ganadería, y de las que sirven de base y fundamento á la manufacturacion de la lana. Entónces se patentizará, y sin que se pueda atribuir á parcialidad, el gravámen que tiene la Ganadería en la incertidumbre de cordeles y cañadas, las muchas exacciones indebidas que se hacen sin arreglarse á las leyes vigentes; el modo de conciliar los intereses de la propiedad de los portazgos con los de la Ganadería; y sin perjudicar al verdadero derecho que llaman de *asadura*, quedaría demostrado del modo mas positivo que el Ganadero ahorraba de 1 á 2 reales por cabeza.

3.º »La práctica establecida, por la cual tienen los pastores y mayorales el ganado propio que se les consiente, fruto por alimento, perjudica muy considerablemente á los intereses del propietario.

4.º »El tipo de nuestra lana es el mejor, y su decadencia depende de la educacion y de los pastos.

5.º »La Nueva Holanda es la que debe poner en cuidado á la España, y la proteccion que dispensa el Gobierno Ingles á la aclimatacion de merinos con la idéa de hacer esclusivo para Inglaterra este ramo. En dicho pais es donde crian con baratura este ganado, y á la baratura y no á otra cosa debe temer el Ganadero español.

6.º »La estraccion de sementales españoles, hecha por Lisboa á la Nueva Holanda, y la que se está haciendo, es la causa de nuestra ruina; pues que necesitan renovar la simiente española para la conservacion de lanas. Esto solo, aun cuando no militasen las razones de utilidad particular al Ganadero, de la castracion, debe mirarse como el mas benéfico y útil decreto dado por S. M. en favor de la Ganadería, lo que se previene sobre castracion en dicha soberana determinacion de S. M. sobre este particular."

Estas noticias que yo he recibido despues de concluida esta seccion, confirman y corroboran cuanto hemos espuesto sobre esta materia; y yo me congratulo de haber coincidido en los puntos mas esenciales con un sugeto tan esperimentado y que reune tantos conocimientos teóricos y prácticos.

Tambien me resulta una satisfaccion muy estraordinaria en haber visto la coincidencia de mis idéas en los puntos mas esenciales sobre

como estos no forman una profesion, maltratan mucho al ganado; y esquilándolos con malas tijeras, resultan de aquí perjuicios muy trascendentales.

Nuestros ganaderos no hacen la especulacion de las lanas por sí mismos: y las contratas de la venta de lanas, se hacen por lo general de dos modos, que llaman á *estilo segoviano*, ó *á vellon redondo*. A estilo segoviano, quiere decir, que no se recibe por el comprador sinó la parte mejor, fuera de toda roña y de todo lo que provenga de granos, &c., sin ninguna barredura. En la contrata *á vellon redondo*, entra todo hasta las mismas barreduras.

Mientras está dentro del encerradero, el ganado no come. Van sacando del sudadero cada res de por sí; reemplazándolas con otras del encerradero; las ligan, que es atarles las patas; vienen los esquiladores, y cada uno toma la suya. La esquilan; y despues viene el recibidor, se hace cargo de la lana, recibiéndola si la contrata es á recibo segoviano; y si no, cualquiera ata el bellon, aunque sea un esquilador. Si está ya comprada la lana, la pesa un inteligente ó comisionado del comprador; y se enfarda en sacas, que por regla general son de unas diez arrobas.

Esta lana se conduce al lavadero; el lavado se verifica del modo siguiente. Ante todas cosas se hace el apartado, que es separar las suertes. El mejor modo es el apartado *por pelo*; que es igualar el pelo, y para esto se hace una segregacion en *R*, *S*, *F* y *caida*: lo cual quiere decir, que *R* es lo mas superior; *S*, suerte segunda; *F*, tercera; y *caida* es la inferior; y ademas el *recuarto*, que es toda la inmundicia. De un mismo bellon se hace *R*, *S*, *F*, caida y recuarto. Cada una de estas suertes por separado se entinan y se les echa agua caliente, y algunas veces jabon si la lana está cargada, que quiere decir, si está puerca; entónces se aumentan los grados de calor del agua y el jàbon para mayor suavidad. Mientras está en las tinas de agua caliente, la menean; y mientras mas se menée, es mejor. Está en las tinas como una media hora; pasado este tiempo, se saca; se echa en unos cestos, se va prensando hasta que sale toda la mugre. Entónces, un mozo echa en el suelo el *palmar*, que es

---

este particular, con el artículo *sobre el estado actual y por venir de los productores de lanas*, inserto en el primer tomo de los *Anales de Ciencias, Literatura y Artes por Don Casimiro de Gregory Dávila*, publicado tambien despues que yo tenía concluido este tomo. Y parece que el contenido de las cinco secciones, con que yo le termino, están hechas ex-profeso, para satisfacer los deséos que se manifiestan en la nota con que finaliza el precitado artículo.

el cesto, y queda la lana allí el menor tiempo que sea posible, para que no se enfríe, y unos muchachos la ahuecan; despues el *echapella*, que es el que echa la lana en el pozo, la va tirando lo mas hueca que puede ser; y luego que está lavada, se pone á secar por lo general al sol; pero ya en estos últimos tiempos algunos propietarios ilustrados la secan á la sombra.

466 Estas son las noticias que yo he podido recolectar, y que deben servir de base á las reflexiones que vamos á hacer, con el fin de ver si podemos quitar ó minorar en parte ese defecto que ponen á nuestras lanas de ser demasiado rígidas ó fuertes. Los químicos suponen que siendo por lo regular calizo el terreno de España, por donde transitan nuestros merinos, cada pelo de la lana se cubre con una costra de carbonato de cal, el cual impide que el pelo sea suficientemente flexible; y que en este caso debería lavarse nuestra lana en una ligera disolucion ácida. Esta es una idéa general y de mucha importancia; porque así como en la ropa, cuando cae una mancha de tinta, por ejemplo, se quita si se le da con limon ántes de mojarla, pero si se moja, ya no se quita en manera alguna; del mismo modo, puede resultar, que, si en efecto el pelo de la lana adquiere una cierta costra de carbonato de cal, este no disolviéndose en el lavado, puede quedarse ya de modo que jamas se desprenda; y si se lavase la lana en una ligera disolucion ácida, se le privaría de dicha costra si es que existe, y sería mas flexible. Pero aun independientemente de esta causa, que deberá examinarse cuidadosamente, hay otros motivos para presumir que la rigidez ó resistencia á la flexion, que presentan nuestras lanas, proviene de otras circunstancias que vamos á examinar.

467 Para esto, debemos fijar nuestra consideracion en otras causas mas generales del descrédito de nuestras lanas. En efecto, no debemos perder de vista, que ántes de que principiasen á esportar nuestros merinos, esta granjería se hallaba reducida á un número muy corto de Ganaderos; pero que todos eran ricos y acaudalados, y tenían el mayor esmero en que no se cruzasen las castas ordinarias con las finas, para que no degenerasen; por lo cual se conservaba intacta la pureza de nuestras lanas. Mas, durante la invasion de Bonaparte, es notorio, que, roto el equilibrio en todo, no se pudo tener ese mismo cuidado; por lo cual, ha resultado que nuestras lanas real y verdaderamente se han embastecido: habiendo cooperado muy principalmente en mi concepto la mala eleccion que se ha hecho de las reses destinadas á propagar la especie, pues llevando con-

sigo los *pelos cabrunos ó jarres*, que tanto perjudican á la buena calidad de las lanas, contribuyen á que se aumenten, cuando una eleccion esmerada podría contribuir mucho á su disminucion ó aniquilamiento. Los estranjeros, que han sacado nuestro ganado merino desde principios de este siglo, ya por concesiones particulares ó regalos gratuitos, ya por contrabando, ya por compra ó robo durante la citada invasion, han puesto mucho esmero en el cuidado de su ganado merino adquirido por el medio espresado; lo crian con mucho regalo; está debajo de techado y no á la intemperie; le dan siempre de comer uniformemente, con lo cual han conseguido que su lana, particularmente en Sajonia, sea mas larga y mas sedosa; y esto proporciona el que se peina mejor, y es mas adecuada sin disputa alguna para los tejidos merinos y paños de superior calidad. Entre nosotros, no solo no se ha dado un paso para mejorarlas, sinó que por la razon que acabamos de espresar, y por otras que aun darémos á conocer, se han embastecido y degenerado; luego resulta que el descrédito de nuestras lanas proviene de dos causas, á saber; de que las nuestras se han embastecido, y las estrangeras se han mejorado. En efecto, nuestras lanas en el dia, ya por las razones indicadas, ó ya por el empeño y tenacidad que se tiene en sostener las rutinas antiguas, sobre que han declamado con muchísima razon tantos y tan esclarecidos escritores, han empeorado su calidad. Yo no entraré aquí en ningun detalle sobre los puntos de que se han ocupado los beneméritos Jovellanos, Arias, &c.; pero sobre lo que no puedo ménos de manifestar mi opinion es sobre la parte física, ó sea sobre lo que enseñan las Ciencias y la esperiencia acerca de nuestro sistema de ganadería: en términos, que yo no tendría reparo en asegurar del modo mas positivo, que el querer permanecer en el sistema actual de nuestra ganadería, y el querer hacer uso de prerogativas que en otros tiempos pudieron ser útiles, es lo que ahora ha originado el descrédito de nuestras lanas; y si no se varía nuestro sistema de criar el ganado merino, se perderá enteramente esta granjería: resultando en esto, como en otras muchas cosas, que las mismas providencias, las mismas prerogativas, las mismas concesiones que se hacen para fomentar un ramo en un tiempo determinado, son las que originan su decadencia y destruccion, cuando las circunstancias son diferentes.

En efecto, el órden variado de la naturaleza, los progresos de la civilizacion, y el aumento de las luces del siglo, hacen indispensable atemperarse á lo que exigen las circunstancias. Y el empeñarse

en continuar criando nuestros ganados ahora como quedó despues de de la espulsion de los sarracenos, no puede ménos en mi concepto, de originar la completa destruccion de los mismos Ganaderos.

468 La preponderancia de nuestras lanas se ha sostenido hasta principios de este siglo, porque hasta dicha época no se había estendido suficientemente el espíritu analítico, no se había hecho el aprecio conveniente de la observacion y la esperiencia, y habían formado el objeto de la mayor parte de las investigaciones humanas, en todos los paises, las materias abstractas, desnudas de todo apoyo científico y esperimental. Pero desde que la antorcha de las Matemáticas ha introducido el peso y la medida en todo género de cuestiones, y difundido el espíritu analítico, y las demas Ciencias han estendido el espíritu de observacion, se han disipado las incertidumbres, se ha destruido y aniquilado, por decirlo así, el espíritu de disputa, y se han dirigido los esfuerzos del entendimiento humano á facilitar los medios de subvenir á las necesidades de la misma humanidad. Y como esto se ha estendido ya casi generalmente en todas las partes de Europa, el que no procure en los diversos ramos científicos, y artísticos, nivelarse y atemperarse á las circunstancias, será tarde ó temprano la víctima de su tenacidad ó ignorancia.

469 Las Naciones estrangeras han hecho muy bien en tratar de mejorar sus lanas; pues que es un ramo de necesidad y acaso el mas estenso y lucrativo. Por los medios ya indicados, han sacado de España nuestros merinos, los han criado con esmero, cuidándolos en los establos, y en todas partes han mejorado sus lanas; resultando por este medio, en Sajonia, en Inglaterra y en Francia mejores lanas que las de España; luego si nosotros empleamos los mismos medios que en dichas Naciones *, nuestras lanas se mejorarían sin disputa alguna; y se mejorarán proporcionalmente mas que en las otras Naciones, pues que nuestro clima y suelo es mas adecuado. Ni en Francia, ni en Sajonia, ni en Inglaterra, trashuman nuestros merinos y han mejorado sus lanas; luego el *trashumar* ** no es

* Hay una razon física muy poderosa, por la cual libertando á nuestro ganado de la intemperie, se mejorarán nuestras lanas. Como el frio contrae todos los cuerpos, y el calor los dilata, y en España la diferencia entre el calor del medio dia y el de la media noche es mayor que en los demas paises de Europa, resulta que estando nuestros ganados á la intemperie de dia y de noche y en cualquier estacion, se hallan continuamente espuestos á dichas alternativas. Y si por la noche, al ménos en el rigor de las estaciones, estuviesen debajo de techado, disfrutarían de una temperatura mas constante y uniforme, y su lana se mejoraría.

** El *trashumar*, segun la opinion vulgar, es para que suden los ganados; porque se tiene la idéa equivocada de que el sudor es lo que

absolutamente esencial á las buenas cualidades de las lanas y fomento de la Ganadería. En Inglaterra, en Sajonia y en Francia no hay necesidad de que haya terrenos sin objeto alguno, esto es, inútiles para la Agricultura, solo para que sirvan al pasto de los ganados cuando, al trashumar, pasan de un parage á otro; luego es inútil el conservar tantos terrenos baldíos con perjuicio tan considerable no solo de la Agricultura, sinó de la misma Ganadería. En Francia, en Inglaterra y en Sajonia se alimentan nuestros merinos en los establos con todo género de forrages ya verdes, ya secos, y se han mejorado las lanas que producen; luego si en España se alimentase nuestro ganado lanar en prados naturales ó artificiales, que se podrán formar con las plantas adecuadas y del modo que espresarémos en el libro octavo de esta misma obra, se mejorarían nuestras lanas en mayor proporcion que lo han hecho en las Naciones *estrangeras*, por favorecer mas el suelo y el clima; y con el producto de un mismo terreno cultivado en prados se podría alimentar diez veces mas ganado: de manera, que por una parte mejorábamos la calidad, y por otra aumentábamos la cantidad de un modo prodigiosísimo.

470 Verémos tambien en el libro octavo, que los pastos varían con el tiempo, en razon de diversas circunstancias; y así como hemos dado razones por las cuales se puede asegurar que nuestras lanas del año de 1832 no son las mismas que las del año de 1800, tambien se podrá establecer que los pastos actuales, por el descuido que se tiene en su conservacion y limpieza, no producen ahora un alimento tan delicado y abundante como en los siglos anteriores; por lo cual se hace necesaria su renovacion.

471 El tener nuestros ganados á la intemperie no puede ménos de contribuir á embastecer nuestras lanas. En efecto, el esceso de rigidez que se nota puede consistir no solo en las diversas y grandes va-

---

da á la lana su flexibilidad, elasticidad y peso. Pero á los ojos de la Filosofía, y de todo el que reflexione con exactitud, el objeto de la trashumacion, es tener siempre el ganado en un clima benigno; cuya temperatura pueda variar poco en las diversas estaciones, y proporcionar pastos sanos, y aguas puras y frescas. De donde resulta que si da la casualidad que trashume el ganado á parage en que falte alguna de estas circunstancias, podrá ser perjudicial la trashumacion: siendo infinitamente mas ventajoso el tener los ganados en un solo parage, con tal que por los medios que propondrémos en el libro octavo, se les proporcionen pastos abundantes y saludables; y que tengan por otra parte aguas puras y adecuadas.

riaciones repentinas de temperatura que se advierten con frecuencia en nuestro clima, de que hemos hablado en la penúltima nota, sinó tambien de que los pinchos de los campos, como las aulagas &c. al romper los filamentos ó pelos de la lana causen el mismo efecto, que en la gente trabajadora y poco acomodada lo que se llama *pelo ahorquillado*, por dilacerarse en sus estremos; notándose que estos, y aun parte del cabello ántes de formar la horquilla presentan á la vista un aspecto diferente que lo demas del mismo cabello, y al tacto una aspereza como si fuera esparto; pues una cosa semejante debe suceder en la lana. Igual analogía ó comparacion se puede hacer con el reino vegetal. Cuando un jardinero diestro con una buena podadera, navaja ó sierra corta una rama de un árbol, no queda este dañado en sus inmediaciones. Pero cuando con malos instrumentos, ó tirando, ó tronchando, se quita una rama ó ramo, parte de lo que queda en el árbol se seca: y aun cuando despues se corte lo demas del árbol, la parte que se secó en él, ántes de cortarse, es siempre mas bronca, mas aspera, ménos flexible, y ménos adecuada para los usos de la carpintería y ebanistería.

472 Ademas, hasta principio de este siglo, como los propietarios de los ganados eran personas de alta gerarquía; pues eran las casas mas principales de la grandeza, como las de Infantado, Campo Alange, Villariezo, Villapaterna &c. &c. el mismo interes que tomaban para conservar la pureza de sus lanas, lo tenían tambien en los procedimientos del esquiléo y demas, con arreglo á las luces de aquel tiempo. Mas ahora se han introducido, acaso sin malicia, y por un interes mal entendido, ciertos abusos que han cooperado del modo mas eficaz al descrédito de nuestras lanas. Yo estoy muy convencido de que una de las cosas mas interesantes para los progresos de la industria es la division del trabajo; y así no sostendré que el Ganadero sea fabricante de paños &c. Pero sí querría que el Ganadero se comportase con el negociante en lanas, como con un hermano suyo, y no tratase de perjudicarle, pues en esto se perjudica él á sí mismo; por lo cual, me veo precisado á detenerme algo sobre un abuso introducido últimamente, y que en mi concepto ha cooperado á pasos agigantados al descredito y ruina de nuestras lanas.

Como nuestros ganaderos, principalmente en la actualidad, no hacen la especulacion por sí, lo que les conviene es llevar el ganado al esquiléo y contratar la lana, *á vellon redondo*, es decir, que toman todo bueno con malo y hasta la inmundicia y barreduras. Hecho ya el ajuste, lo que conviene al Ganadero es que la lana, al esquilarse,

pese mucho; y de intento se ha verificado el hacer que se pegue á la lana toda la heterogeneidad posible. Así es, que hay Ganaderos, que ántes de llevar el ganado al encerradero, lo meten en tierras aradas para que levante mucho polvo, y lo detienen allí ex-profeso con la fuerza del calor para que reciban todo aquel polvo en la lana. De aquí resulta, que como luego entran en los sudaderos, se reconcentra este polvo adhiriéndose á la lana humedecida con el sudor; y al cortarse, va formando un cuerpo con la lana, y hace que acuda mas al peso, ó que pese mas.

He aquí, pues, verificada la sospecha de los Químicos, de que la lana española está cubierta de una cierta porcion de carbonato de cal, que siendo despues indisoluble en el agua, no sale al lavarla, y contribuye á la rigidez ó falta de flexibilidad que efectivamente tienen nuestras lanas.

Este procedimiento no es á la verdad correspondiente al carácter de honradez tan bien acreditada de los Españoles; y aunque efectivamente, en las primeras veces que hayan hecho, acaso inocentemente y sin malicia, esta especie de trampa, podría resultarles algun beneficio, no así ya en las demas; pues no saliendo la cuenta al comprador en las contratas posteriores, ó disminuirá el precio de la arroba, ó no la comprará; he aquí pues una causa infalible de la decadencia de nuestras lanas. Por una cosa semejante ha llegado á perder la España el famoso comercio de barrillas que hacía por Alicante, &c. Esta produccion que casi era esclusiva en España en otros tiempos, y producía una entrada de mas de cuarenta millones *, en el año de 1827 solo ascendió á unos seis millones de reales; y el orígen de esta decadencia es el siguiente. Existe una piedra, que arrojada, cuando se está haciendo la barrilla, se incorpora y forma un solo cuerpo con la masa. Algunos de nuestros fabricantes de barrilla, principiaron á cometer este fraude, y los compradores viendo que no les salía la cuenta, buscaron otros medios de adquirir este producto; la Química les proporcionó el descomponer la sal; se han establecido muchas fábricas que yo he visto en la parte meridional de Francia, y ya casi no hacen ningun uso en dicha nacion de nuestras barrillas.

---

* Véase el interesantísimo capítulo 13 adicional al libro primero de la Agricultura general de Gabriel Alonso de Herrera, que el célebre botánico español Don Mariano Lagasca puso, en la edicion de la espresada obra, hecha por la Real Sociedad económica matritense, sobre *el cultivo y aprovechamiento de la barrilla, salicor, algazul, sosa y otras plantas.*

Sirvan estos ejemplos para que no se repitan estas especies de felonías, impropias del carácter de los Españoles, y que á la corta ó á la larga, como sucede en todas las ocasiones en que se falta á la verdad, á la razon ó á la justicia, refluye el mal sobre el mismo que le comete.

La mayor parte de las lanas, que se obtienen por este procedimiento, al lavarse, pierden lo ménos un sesenta por ciento de su peso; pues *la arroba queda solo reducida á nueve libras y media*; llevándose el agua la demas heterogeneidad.

473 Con el mismo objeto de aumentar el peso de la lana hacen al ganado merino estercolar las tierras, cosa que no corresponde al ganado fino, sinó al ordinario. De aquí resulta que la cabeza de la lana se impregna del estiercol que es consiguiente al dormir muchas noches en una majada; y por sacar este beneficio los ganaderos, que será bien corto á la verdad, y que acaso refluirá solo en favor de los pastores, pierde la lana su buena calidad: pudiéndose aplicar aquello de que *por aprovechar la ceniza se desperdicia la harina.*

El empeño de los Ganaderos en que esté bien apiñado el ganado en los sudaderos, no es con el objeto que algunos suponen para disimular sus idéas poco grandiosas, de que se esquile con mas facilidad, sinó con el fin de que la humedad del sudor se incorpore mejor con la broza: de manera, que hacen ex-profeso que la lana se incorpore ó impregne de mas cantidad de heterogeneidad, para luego tener que gastar mucho en quitarlas en el lavado: de donde resulta que si, al cortar la lana no llevase tanta inmundicia, serían ménos los gastos del lavado; y entónces los tratantes en lanas tendrían mayor utilidad y podrían subir su precio. Lo cual refluiría en beneficio de los mismos Ganaderos.

En efecto, los sudaderos son unos cuartos de techo bajo; se tienen las reses en ellos sumamente apiñadas para que suden mucho, en términos, que los hombres apenas pueden parar allí por el escesivo calor que sienten. De lo cual resulta que muchas veces los animalitos se ahogan no solo por el esceso del calor, sinó por el aire viciado que respiran; y como entran de monton á la casualidad y se sacan del mismo modo, sucede con frecuencia que algunas reses permaneciendo demasiado tiempo en el sudadero, respiran un aire viciado y se mueren con perjuicio muy notorio de los mismos ganaderos.

474 Por no haber esquiladores de profesion, ni tijeras á propósito, resultan varios males al Ganadero: 1.° se mueren muchas reses por el mal trato que les dan al esquilarlas; 2.° cortan al ganado

haciéndoles heridas, y en tanto grado que puede reputarse aproximativamente lo ménos en un 2 por 100 el número de cabezas que mueren de resultas del esquiléo, ya por las heridas ó cortaduras, torceduras, maltratarlos, atarlos mal &c. &c. Así es, que se advierte que cuando desatan las reses, apenas pueden levantarse. Ademas, los animalitos heridos, si sobreviene una tempestad ó lluvia, se mueren casi todos. Por otra parte, estas heridas son en mi concepto una de las causas que producen los *jarres*, de que ya hemos hablado y de que nos ocuparémos todavía, por ser de la mayor importancia el indagar los medios de estinguirlos.

El uso de malas tijeras, y el no ser á propósito, por no tener los filos adecuados como las inglesas, alemanas y sajonas, producen unos males de mucha consideracion; y se pueden reducir á tres: dos de ellos están al alcance de todos los Ganaderos, pues lo ven con sus mismos ojos; pero el tercero, que es el de mayor trascendencia, no he oido á nadie que lo haya tomado en consideracion. Los dos primeros son, el mal trato y heridas de las reses, de que ya hemos hablado, y el que resulta un recorte ó desperdicio de lana, del canto de un duro por lo ménos, lo que viene á equivaler á una trigésima ó cuadragésima parte del total. Esto se presenta á los sentidos de todos, pues que se ve ir con las aguas; pero el tercer perjuicio no se percibe con la vista, y vamos á ensayar si se puede comprender por el entendimiento; pues de aquí debe resultar mas rigidez en las telas, cosa que aparecerá como incoherente, pero que tiene una dependencia inmediata. En efecto, la lana no viene á ser mas que una serie de filamentos, que parecen tener la forma de tubos, y que por las preparaciones del cardado ó peinado, se forma del conjunto ó enlace de ellos una hebra sumamente larga. No sucede así con la seda, que es un hilo todo seguido. Varios hilos de seda unidos y torcidos forman una hebra, toda lisa y suave sin ningun tropezon ni borra.

Supongamos una hebra de estambre y una hebra de seda de igual longitud; aun prescindiendo de la diferencia de la materia, solo la circunstancia de componerse la una hebra de hilos de igual longitud y la otra de diversos pedazos cortos enlazados, origina el que estos sean muchos en número; y para que resulte el mismo grueso es indispensable que tenga ciertas desigualdades, pues donde se unan dos es preciso que se encuentren los dos cabos, lo cual hace por allí mas gorda la hebra. Mas si queremos hacer la comparacion con cosas homogeneas, no hay mas que observar lo siguiente. Los capullos de se-

da, que se guardan para semilla, los taladra la palomilla al salir; y como en toda la parte del agujero que forma, queda rota la continuidad del capullo, no se pueden hilar como los demas formando una sola hebra. Para aprovecharlos, en Nápoles, los preparan á la manera que se carda la lana, y despues los hilan; pero la hebra ó hilo que se obtiene es mas estoposo, ménos flexible y suave que la seda que resulta por el hilado ordinario, á pesar de que los capullos que se escojen para semilla son los mejores. Se ve, pues, que como en la lana se aprecia mucho el que sea larga, quitarle una porcion del grueso de un duro por lo ménos, á causa del recorte, no solo priva de esta cantidad de una trigésima ó cuadragésima parte que se va en el agua, sinó que la demas, teniendo una trigésima ó cuadragésima parte de ménos en largo, rebaja la calidad y la naturaleza de la lana que queda, en la misma razon que disminuye su longitud.

475 El modo de secar la lana al sol, que es el mas usado, produce unos grandísimos inconvenientes. Ante todas cosas parece una ley general de la naturaleza, que el paso repentino de un cuerpo caliente á frio ó al contrario, hace mas agrias, ó rígidas las materias. Así sucede con la fundicion del fierro, que, segun se enfrie mas ó ménos lentamente, varía su dureza, su ductilidad, &c.; pues del mismo modo, el secar al sol nuestra lana, como en nuestro clima el sol tiene tanta fuerza, hace que se seque demasiado prontamente; lo cual origina el que pierda la circunstancia que mas se apetece en la lana, que es la suavidad al tacto, que la haga semejante á la seda, adquiriendo en vez de esto, una rigidez y aspereza que mas bien la aproxima á parecerse á la crin.

Pero aun esto es poco en comparacion de otros perjuicios que la Física da á conocer. Secándose la lana al sol, sucede una de dos cosas, ó que por la noche la dejan estendida del mismo modo que por el dia, ó que por la noche la apilan, pero dejándola al sereno, y por la mañana la estienden al sol. La que permanece estendida adquiere por la noche todo el rocío; y al salir el sol, por la mañana, cada gotita de rocío adherida á un filamento de lana, hace el oficio de una lente ó espejo ustorio que quema el filamento en que está la gota de rocío y aun las inmediatas. En el parage en que se quema un filamento, se pierde la continuidad, y resulta la lana mas corta; cosa muy perjudicial: ademas, los estremos de los filamentos quemados quedan formando una materia entre ceniza y carbon muy sensible á la vista y al tacto: resultando, del mismo modo que cuan-

do uno se quema el pelo, una pelotilla sumamente áspera; y esta aspereza se nota hasta una distancia muy considerable del estremo, como cualquiera puede convencerse poniendo alguno de sus cabellos ó una guedeja de lana á la llama de una vela.

Este efecto se hace tan sensible á los sentidos, que hay precision de destinar gente ex-profeso á quitar lo que llaman *féos*, que son todas las manchas, plastas ó quemaduras que ha causado el rocío en la lana. Las mugeres ocupadas en esto, lo hacen en las lonjas cuando ya se ha llevado la lana de los lavaderos. La que por la noche queda apilada, adquiere ménos rocío, pues este es en razon de la superficie, y por consiguiente debe dar ménos *féos*; y si por la noche se guardase debajo de techado, daría todavia ménos, así como se aumentarán considerablemente cuando llueva mientras está tendida la lana, y despues salga el sol repentinamente; y mientras con mas fuerza aparezca, y mas repentinamente se verifique esta mudanza, tanta mayor será la cantidad de féos que resulte. Todo lo cual lo comprobaría la esperiencia, si se hiciesen las competentes observaciones.

Todos los féos, que se quiten, es una merma de la lana; y por consiguiente es un desperdicio, que siempre recae en perjuicio del Ganadero y del comprador; pues aunque parece que este daño es, en aquel momento, solo del especulador que ha comprado la lana, esto es cierto en el primer año; pero al inmediato, teniendo presente dicha merma, ó rebaja el precio al Ganadero, ó no la compra, y siempre sale perjudicado el Ganadero. Pero de aquí resulta otro mal, que es perjudicial al Ganadero, al especulador que compra la lana, al fabricante y al consumidor; y es que por mucha que sea la vigilancia que tengan las personas que quitan los féos, nunca pueden quitar sinó aquellas plastas ó manchas por mayor, donde por haberse acumulado mas cantidad de rocío ó de lluvia, se han reunido muchos filamentos quemados; pero no en las partes que se han quemado un corto número de filamentos: y como de estas quemaduras resulta no solo el mal de quedar mas corta la lana, sinó de tener los estremos aporrillados, sumamente ásperos, resulta que, al prepararse para el hilado, producen aquella rigidez ó aspereza que ha causado mas principalmente el descrédito de nuestras lanas.

476 Una de las cosas que los extrangeros han reconocido como ventajosas para el lavado de la lana, es segun ya hemos indicado (458), el lavar la res en vivo; y se puede asegurar que el lavar la lana sobre la res misma produce sobre el lavado ordinario lo me-

nos un 14 por 100 de ventaja segun la opinion de los inteligentes, mejorándose ademas la calidad de la lana. En España se ha hecho el lavado en vivo, y por desgracia el resultado no fué favorable; y aunque esto se verificó por un incidente, que nada tenía que ver con el lavado en vivo, sin embargo, esto ha originado el que no se ha vuelto á ensayar. Y deseando yo apurar esta materia, para investigar las causas que en esto pudieron influir, fué este uno de los principales objetos que me impulsaron á rogar al *Excelentísimo Señor Marques de Cerralbo* que me refiriese el modo con que se había hecho esta operacion. Y como sin ofender la modestia de este ilustrado Ganadero y propietario, reune á un talento despejado, un gran cúmulo de luces, y el deséo mas eficaz de promover el bien, se prestó gustoso á esta indicacion. Por otra parte, su voto es tanto mas apreciable y decisivo, cuanto ha presenciado en Sajonia todas estas operaciones; y tambien por cuanto el ensayo del lavado en vivo se hizo con su ganado, y presenció esta operacion. El hecho fué de esta manera: *Don Benito Felipe Gamindez*, que como ya hemos dicho (nota del § 465) es una de las personas de mas conocimientos en esta materia, en el año de 1829 hizo el ensayo en su lavadero; lo escribió al *Señor Marques de Cerralbo*, invitándole á que hiciese tambien semejante operacion con sus ganados. Dicho Señor que tiene el genio emprendedor y la resolucion y firmeza que da la ilustracion, al momento se dirigió en persona al Congosto, dando órden á sus mayorales, para que todo el ganado suyo, que aun no estuviese esquilado, lo llevasen al Congosto. Reunido allí el ganado, llegó el Señor Marques, dió verbalmente las órdenes para lavar en vivo sus reses; los mayorales y pastores empezaron con plegarias, y sollozos, creyendo que todo el ganado iba á perecer; no le querían obedecer bajo diversos pretestos; y el espresado Señor Marques, con la resolucion y firmeza de un Sabio, que está convencido de la verdad, desentendiéndose de semejántes instigaciones, principió por sí mismo á arrojar las reses al agua, y se continuó con un considerable número el lavado en vivo del modo siguiente.

Primero metieron las reses en una tina de agua caliente, en donde permanecieron buen rato hasta que se juzgó que se había ablandado la broza. El agua llegaba al ganado como hasta cerca de cubrirles el lomo, y lo que les faltaba por cubrir, se les mojaba echando agua caliente encima. En seguida, se pasaron á otra tina de agua templada, pero corriente: y mientras permanecieron allí, dos hombres, teniéndolas agarradas, estuvieron continuamente restregándolas

para que soltasen la broza. Despues se llevaron en unos carritos ó en mantas, á una tina de agua fria tambien corriente; en donde otros hombres las refregaban igualmente hasta que acababan de soltar toda la broza. Luego se sacaron, y otros hombres les comprimieron la lana para que escurriese bien el agua; y en seguida se echaron al prado donde no las dejaron revolcar ni descansar, para que se pusiesen en movimiento, y con el ejercicio sudasen y volviesen á prestar jugo á la lana. Despues las esquilaron por el método regular, sin que se muriese ninguna res. El resultado no fué favorable, porque examinadas despues las lanas en Londres, se vió que habían faltado algunos requisitos indispensables; pues la operacion de embalarla, parece se hizo estando la lana húmeda. Se secaron á la sombra. Y la opinion del Señor Marques, á pesar de este resultado, es así como la mia, de que es ventajoso el lavado en vivo, con tal que se tomen bien todas las debidas precauciones, como son el fijar por el termómetro y el relox el grado de temperatura del agua y el tiempo de cada operacion &c. &c. Ademas, segun mi modo de pensar, cualesquiera que sean las razones que hayan inducido á hacer pasear el ganado, despues de lavada la res, me parece que la res deberá esquilarse tan pronto como se acaba de lavar, ó dejarla reposar en parage limpio el tiempo necesario, para que no sude el animalito en el intermedio de lavarse y esquilarse.

477 Fué objeto tambien de mis conferencias con el *Señor Marques*, el que el apartado de las lanas se hace en Sajonia por las mismas familias en los largos inviernos que no tienen otra ocupacion; y como por otra parte los rebaños son allí de 200, de 300, de 400 cabezas, &c., siendo el mayor número de cabezas el de 2000, que es lo que tiene el rebaño del Rey, se puede hacer esta operacion con la debida prolijidad; y que en España, que hay ganaderías de 70@ y de 80@ cabezas, y que todas las operaciones del esquiléo, lavado, apartado &c. &c. se hacen en unos tres meses ó á lo mas en cuatro, parece que esto dificulta todo este esmero, cuidado y escrupulosidad. Esto será bien fácil de remediar cuando se propaguen los conocimientos útiles. Pues por todas partes se ven personas de todas edades y de ambos sexos quejándose de que no tienen trabajo; y si se empleasen en esta y otras operaciones, tendrían ocupacion con utilidad suya y del Estado. En términos, que es muy frecuente en España, oir quejarse á todos los que ejercen una profesion industrial, que salen caras las cosas, porque no habiendo quien trabaje, están caros los jornales; y al mismo tiempo, en las puertas de los mismos

talleres y de las fábricas se encuentran mendigos, que quieren cohonestar su estado, con el pretesto de que no hay trabajo. Todo esto prueba que hay algo que falta para enlazar estas cosas opuestas; y esto que falta es una masa de conocimientos artísticos, que es lo que nuestro sabio Gobierno trata de promover con el establecimiento de Cátedras de Geometría y de Mecánica aplicadas á las artes.

478 Hemos visto (458) que el *Señor Baron de Fourmont*, aseguró del modo mas positivo, que la lana que tenía *jarres* no la quería, aunque, á igualdad de las demas circunstancias, le rebajasen una peseta en libra ó cien reales en arroba. Estos *jarres* pueden tambien provenir de las cortaduras que hacen al esquilar al ganado; pues se ve en los demas animales, que en los parages donde han tenido alguna matadura, el pelo se pone blanco, indicio de ser pelo muerto ó no nutrido, el cual es ménos elástico y suave que los demas. ¿Por qué, pues, no se verificará una cosa semejante en los filamentos de lana que queden adheridos en la proximidad de las cortaduras?

Tambien pueden provenir de los golpes, de picaduras de moscas, de los ganchos ó espinas &c. En efecto, el orígen de los *jarres* puede proceder de que los pastores tiran los cayados y piedras á los carneros; y donde estos dan pueden causar daño é impedir la circulacion de los humores análogamente á las mataduras de las bestias. Pueden provenir tambien de picar las moscas á los carneros recien esquilados, ó de romperse los filamentos por las aulagas ó pinchos del campo, lo cual haga morir el pelo, convirtiéndose en *jarres*. Para evitar estos inconvenientes deberían pacer los ganados en parages donde no hubiera pinchos. Para esto, convendría que los carneros y ovejas de lana fina pastasen en prados cultivados; y en los campos sin cultivo las cabras, las ovejas, y carneros que no son de lana fina. Entónces son inútiles las grandes dehesas, y de este modo se podrían conciliar los intereses de la Ganadería y los de la Agricultura, con ventajas de ambas granjerías y beneficio del Estado.

479 Pero sea de esto lo que quiera, el hecho es, que de cualquier manera que sea, es indispensable que nuestras lanas recuperen su antigua opinion y primacía. Para conseguirlo, es necesario trabajar incesantemente por ensayos y observaciones atentas, para asegurarse del medio de mejorarlas. Dichas observaciones, hechas por Ganaderos ilustrados, y con la exactitud que requieren los conocimientos del siglo, podrían principiar por ejemplo, tomando una

docena de carneros de los de lana igual, y de una misma edad y circunstancias. A dos, por ejemplo, luego que se hayan esquilado, llevarlos á un parage bien separado de una habitacion, con gente delante para impedir que las moscas ni ningun bicho les pique. A otros dos, tenerlos siempre en parage caliente y húmedo, y hacer las mismas observaciones. A otros dos lavarlos en vivo y despues esquilarlos. A otros dos, hacer lo mismo, pero cubrirlos con un paño, tela &c., para impedir que se resfrien, y por este estilo proceder á las demas investigaciones.

480 La circunstancia que me espresó el *Señor Baron de Fourmont*, de que la lana apetecía los parages húmedos y calientes, no se debe perder de vista; pues podría suceder, en virtud de esta observacion, que la causa de la rigidez de nuestras lanas sea el conservarlas en parages muy secos, y deberían hacerse pasar en sus inmediaciones corrientes de agua, para que se estendiese la humedad por la evaporacion, lo que se podría favorecer por corrientes de aire.

481 En virtud de todo lo que precede, yo soy de opinion que se llegaría á quitar el esceso de rigidez que se objeta á nuestras lanas, si se adoptasen las medidas siguientes.

1.ª *Hacer que los rebaños no estén siempre al aire libre*, *sinó proporcionarles tinglados al ménos para el tiempo de las mayores intemperies*. Esta medida la tiene dada á conocer la esperiencia. Un potro que está en la dehesa, trasladado á una ciudad y bien cuidado, al momento se le cae el pelo que llaman *de la dehesa*, y toma otro mas fino; luego aquí se debe verificar por analogía una cosa semejante. Mas por otra parte no necesitamos de analogías cuando tenemos identidad. Consta que en Sajonia se ha mejorado la lana de nuestros merinos; ¿qué hacen allí? tenerlos encerrados y que no reciban la accion de la intemperie; pues haciendo nosotros, no lo mismo, sinó algo ménos, porque nuestro clima es mas benigno, obtendrémos los mismos ó mejores resultados. Los carneros de *Mr. Ternaux* en Saint-Ouen tampoco están á la intemperie; luego si nosotros hacemos lo mismo con los nuestros, mejorarán nuestras lanas.

2.ª *Las dehesas en que pastan nuestros ganados deberían limpiarse de toda maleza en que se pudiese enganchar la lana*. De esto se reirán acaso algunos, por creerlo muy difícil. Sin embargo, mas difícil parecía estinguir los lobos en Inglaterra, y se ha conseguido. Esta operacion no sería tan costosa como al principio podrá parecer, pues la pueden ejecutar poco á poco los mismos pasto-

res, ó hacerse por los trabajadores cuando no tienen ocupacion; lo cual, ademas de la ventaja que podría rendir, serviría para proporcionar trabajo á los pobres con provecho de todos. Estas dos medidas serán mas útiles aun, que la práctica que van introduciendo algunos Ganaderos ilustrados de cubrir sus ganados con una tela ó manto.

3.ª En vez de pastar nuestros ganados en dehesas *sin ningun cultivo*, *formar prados de nuestras dehesas renovando los pastos; ó al ménos, quitando de las dehesas las plantas inútiles, perjudiciales y nocivas á los ganados*. Esta operacion no es tampoco escesivamente costosa, y con una vez que se hiciese, bastaría para muchos años. Se verá en el libro 8.º que unas plantas destruyen á otras; y seguramente, que, sembrando las plantas que apetezca mejor cada especie de ganado, en ménos terreno se podría criar mas y mejor *: y de este modo se conciliarían los intereses de la Agricul-

* En el útil, importante, necesario y sapientísimo capítulo 6.º adicional, que mi paisano, condiscípulo y consocio *Don Francisco Martinez de Robles* ha puesto al libro quinto de la Agricultura general de Gabriel Alonso de Herrera, inserto en el tomo 4.º de la edicion hecha por la Real Sociedad Económica Matritense en 1819, se dice, pág. 33 «Muchos de los Agricultores de nuestra era han reconocido que una medida de tierra, reducida á prado, principalmente artificial, y cultivado cuidadosamente, era capaz de mantener mas ganado que veinte medidas de pradal abandonado solo á las yerbas producidas espontáneamente por el terreno.''

La doctrina contenida en el espresado capítulo es tan selecta, que no podemos ménos de insertar aquí la parte mas esencial relativa al objeto de nuestra proposicion, con el fin no solo de corroborar la necesidad de la medida que contiene esta proposicion, sinó con el de indicar los medios que se pueden adoptar para su ejecucion. Ante todas cosas, para que nuestros Ganaderos se convenzan con hechos positivos de que la antorcha de las Ciencias puede, solo en un instante, hacer desaparecer las calamidades mas atroces, insertarémos lo que dice pág. 32.

«A mediados del siglo anterior, recorriendo el célebre Lineo la Laponia sueca, para observar las producciones naturales de aquel pais glacial, al llegar á la ciudad de Tarnoa encontró á sus habitantes en la situacion mas lamentable. Consistiendo sus alimentos casi únicamente en la leche, queso y carne de sus vacas, veían con dolor acabarse este recurso, porque una enfermedad espantosa asoloba á centenares á sus animales predilectos. La enfermedad hacía especialmente sus estragos cuando, despues del largo invierno de aquellos helados climas, salían sus ganados á pastar á las praderías. No se comunicaba á los habitantes: se observaba en general que despues de haber comido las vacas indistintamente de todas las yerbas que ofrecían los prados, se les inflamaba estraordinariamente el vientre, y acometidas de convulsiones morían en pocos dias. No podían aprovecharse ni aun de los cueros; los que esto intentaron, se contagiaron inmediatamente y murieron gangrenados.

»En este conflicto, consternados los habitantes, corrieron á Lineo,

tura con los de la Ganadería, que por la rivalidad en que hoy se hallan, se destruyen ambas granjerías, cuando la una debería ser recíprocamente el apoyo de la otra.

---

luego que de él tuvieron noticia, suplicándole investigase la causa de mal tan mortífero, y acordase el remedio mas oportuno. Lleno de compasion este Sabio, calculó bien todas las circunstancias, y se persuadió que la enfermedad no era debida á ninguna de las causas mas ó ménos estravagantes á que la atribuían, y reconociendo las plantas de las praderías, del conjunto de sus observaciones, dedujo ser la cicuta (*Cicuta virosa* Lin.) la causa de todo el mal. En efecto, habiendósela dado á conocer, les previno la arrancasen de los prados donde la encontrasen; y preservados así sus animales, cesó como por encanto la mortandad. Los habitantes de Tarnoa y comarcas vecinas fueron desde entónces mas circunspectos, procurando distinguir las plantas útiles de las dañosas para precaver de estas á sus ganados. Desde esta época principiaron á dar algun cultivo á sus prados."

Aquí aparece que un solo paséo de un Sabio fué suficiente para indicar el medio de hacer desaparecer tan espantosa calamidad. Y haciendo ahora aplicacion á nuestro objeto, ¿no se debería esperar que recorriéndose nuestras dehesas por Sabios naturalistas, y por personas versadas ademas en las aplicaciones industriales, se llegasen á descubrir causas análogas, y que resultasen procedimientos útiles para mejorar nuestra granjería de ganados, lanas, &c. &c. &c.?

Es de la mayor importancia para el objeto que nos ocupa, lo que dice pág. 40 y es como sigue: «La destruccion de las malas yerbas, esto es, las inútiles para el mantenimiento del ganado, y las dañosas que le ocasionan muchas enfermedades, es operacion no apreciada entre nosotros cuanto se merece, necesitando ejecutarse en toda clase de terrenos. La necesidad de esterminar las malas yerbas de los prados, aun de los que permanecen por cualquiera causa abandonados á la naturaleza, se funda con especialidad en los datos siguientes: todas ó la mayor parte de las enfermedades internas de los animales traen orígen de algun defecto en el régimen de los alimentos, proviniendo tambien muchas epizootías de las malas yerbas que comieron hambrientos; por consiguiente, si se deséa preservar de estos males á los pastantes en el campo, es indispensable destruir las yerbas dañosas do quiera se hallen. Al examinar algunos Botánicos los prados naturales, han reconocido que de cuarenta y dos plantas halladas en los de las laderas, solo diez y siete eran útiles y comestibles, y las restantes inútiles y dañosas: que en los prados de las alturas solo se encontraban ocho útiles entre treinta y ocho; y por último en los prados bajos entre veinte y nueve habia solo cuatro comestibles. Calcúlese ahora el aumento que obtendrían las útiles en número y vigor cuando pudiesen estenderse en el espacio ocupado por las otras, y resultará un producto de pastos estremamente subido.

»¿Pero cómo distingnir las malas yerbas de las buenas? Este es un problema bastante dificultoso de resolver en la actualidad; pues nos faltan Floras y Geografías botánicas, que indiquen las plantas de cada territorio de España, y lo publicado hasta el presente, siendo muy escaso é incompleto, no puede servir de guia. Faltan tambien observaciones hechas y repetidas en diferentes provincias con madurez y por naturalistas instruidos, que determinen las plantas apreciadas ó desechadas por cada una de las especies de animales domésticos. Podrá suplirse en cierto modo esta falta con el catálogo de plantas que trae mi muy amado maestro el Señor Arias en sus sabias *Lecciones elementales de Agricultura*, tomo 2.° pág. 321. Sobre las dañosas que les indu-

4.ª *El tener el ganado, ántes de esquilarlo en parages frescos, y sin comer, á fin de disminuir su traspiracion al esquilarle.* De este modo tendrá ménos grasa. Está reconocido por la observacion y

---

cen á enfermar, solo hay observaciones sueltas; bien que de poco serviría poseer lo mas completo y exacto en la materia, estando desprovistos nuestros agricultores de los conocimientos preliminares que se requieren para aprovecharse de los escritos de los Botánicos, llegando aun hasta desconocer el grande influjo de la ciencia de las plantas y demas naturales sobre la agricultura. ¡Que no pudiera detenerme á demostrar con evidencia la estension de este influjo, manifestando serle imposible á la agricultura hacer verdaderos progresos sin hallarse ántes generalizada la enseñanza de los diferentes ramos de la Historia natural que forman su base! Mientras llega el momento feliz, en que por la propagacion de los conocimientos de Historia natural, y por los viages científicos promovidos por el Gobierno, conseguimos conocer las producciones naturales de nuestro suelo, daré una lista de las plantas inútiles y dañosas mas comunes en los prados, cuyo esterminio deba procurarse por todos los medios posibles. Esta será la del núm. 3.º, que podrá servir ínterin no haya otra mas completa.''

Aquí se presentan las bases con que se debería ejecutar esta operacion; y en mi concepto tenemos ya mucho adelantado para poderla realizar. En efecto, Don Antonio Sandalio de Arias, ya tantas veces y con tan justos motivos citado, pone al fin de la trigésima de sus apreciadas Lecciones, un catálogo de las plantas que se encuentran espontánea y abundantemente en España, y pueden servir para pasto de los ganados, espicificando separadamente las que corresponden á cada especie. Por otra parte, la lista 3.ª que pone el Señor Martinez Robles página 81 del mencionado tomo 4.º de Herrera, contiene la lista de las plantas ó yerbas inútiles y dañosas de los prados y que comprende hasta doscientas y siete plantas. Luego si por una parte se quitan las nocivas, y en los parages donde estas fructifican, se echan semillas de las yerbas que convengan á cada especie de ganado, se tendrán bien pronto mejorados nuestros pastos; y aunque solo se quiten las plantas nocivas y se dejen al cuidado de la naturaleza el hacer que en aquellos parages donde estaban se produzcan las demas yerbas que son buenas, tambien se mejorarán nuestros pastos, aunque no tanto como del otro modo.

Pero hay aun otro medio para conseguir esto empíricamente, esto es, por los mismos pastores, aunque carezcan de todo conocimiento en Botánica y Agricultura. Este método, que yo tengo reconocido como verídico y exacto en mis viages por el extrangero, lo indica el Señor Martinez Robles pág. 43 en estos términos: «Debe interesarle muy particularmente la estirpacion de las malas yerbas; y para obviar su reconocimiento, ademas de la lista n.º 3.º, seguirá la sabia práctica de los Normandos, que consiste en observar las plantas que libremente abandonan sin tocar los ganados; y arrancándolas, sustituir en su lugar semillas de buenas yerbas. Han de repetirse los ensayos muy madura y detenidamente para que conduzcan con seguridad al acierto, efectuándose la destruccion de las malas yerbas, ó con el arado, la azada, azadon ó escardillos, ó por medio de los abonos, verificándolo todo en los tiempos mas oportunos. Cualquier labor dirigida á este fin surte mejor efecto, si se ejecuta en la época mas contraria á la vegetacion de la planta. Durante los rigores del frio ó del calor escesivos no hay vegetal que resista á las labores dirigidas á destruirlo''

En virtud de todo lo espuesto, he aquí en mi concepto el medio

la esperiencia, que cuando la res se halla en estado de debilidad es mas fina la lana; pues debilitémosla artificialmente un poco, ántes de esquilarla, para impedir la traspiracion, y de este modo saldrán mas libres de grasa.

5.ª *Al poner á secar la lana, despues de lavada, no hacerlo esponiéndola al sol; sinó en parage templado, y promoviendo una circulacion de aire.* Ademas de la observacion directa y terminante del *Baron de Fourmont*, de que hemos hablado (458), hay una razon de analogía que nos debe inducir á ensayar esta idéa: y entre otras se presenta como mas conveniente, sensible y adecuada, la de la fundicion de fierro, que es mas ó ménos dúctil, y se aproxima á tener la flexibilidad y demas propiedades del fierro forjado segun el tiempo que tarda en enfriarse. Lo cual nos induce á inferir por una razon de analogía que por este medio, secándose lentamente la lana, no repugna á la razon el que se haga mas flexible.

6.ª *Hacer los correspondientes ensayos acerca del lavado en vivo.* Estos ensayos no basta que se hagan una sola vez; sinó que es indispensable repetirlos muchas veces y con la debida escrupulosidad, como se practica en todas las investigaciones esperimentales, llevando en cuenta el grado de calor del agua, tiempo que la res esté dentro de ella, y teniendo en consideracion todas las demas circunstancias físicas de que no se puede prescindir en dichas investigaciones. Sobre cuyo punto solo observarémos que se procure que al meter el ganado en el agua no tengan cargado el estómago; pues no hay duda que los baños en los animales, poco despues de haber comido, son perjudiciales.

7.ª *Ensayar del mismo modo si el lavado de nuestras lanas en una disolucion ácida puede ser ventajoso.* A cuyo efecto, se deberán variar los grados de acidez y aun la naturaleza de los ácidos, para atenerse á lo que produzca mejor resultado.

mas sencillo, mas económico, mas á los alcances hasta de los mismos pastores, para mejorar nuestros pastos. Los mismos pastores que guardan el ganado, bien sea ellos por sí solos, ó aumentando algunas personas mas de cualquier sexo y edad, no tienen mas que ir quitando la yerba de que no coma el ganado, y depositarla en un parage donde no vuelva á prender; y si en los parages donde se arrancan dichas matas, se echase alguna semilla de las que por la lista ya citada del Señor Arias eran adecuadas para la especie de ganado que allí habia de pacer, ó se replantasen, despues de pasar el ganado, algunas yerbas de las que este apetezca mas, en muy poco tiempo y con muy pocos gastos se obtendrian en los pastos unas mejoras de mucha consideracion: sobre cuyo punto nos estenderémos mas en la seccion 5.ª del cap. 7.º del libro 8.º

482 Con estas advertencias y precauciones, me parece que los propietarios ilustrados y observadores juiciosos podrán mejorar nuestras lanas, y hacerles recobrar su antigua nombradía. Pero el que en los mercados de Europa dén la ley en punto al precio, como ántes se verificaba, eso ya en mi concepto jamás se podrá obtener; pues hay una causa mas general, que amenaza la destruccion de esta granjería en todas las naciones de Europa; y no siendo bastante conocida esta causa, exige un prolijo y circunstanciado exámen.

La provincia de Estremadura es la principal residencia de nuestros ganados finos, particularmente en el invierno; su posicion geográfica la tiene situada lindando con Portugal, en términos, que por ninguna parte se ha hecho la estraccion de nuestro ganado merino con mas facilidad y ménos visiblemente. De aquí ha resultado que nuestros merinos se han embarcado en Lisboa, y los han trasladado á la Nueva Holanda, donde ya están aclimatados.

La Nueva Holanda se halla entre los 11 y 39 grados de latitud sur; de manera, que su parte mas austral se halla precisamente á la misma distancia del Ecuador que nuestra provincia de Estremadura. Todo lo demas del territorio de la Nueva Holanda se halla mas cerca del Ecuador, que nuestra España; y como el Hemisferio Austral, donde está la Nueva Holanda, es mas frio que el Septentrional (§ 570 II C.) donde nos hallamos; resulta que estando la mayor parte del territorio de la Nueva Holanda mas cerca del Ecuador que el territorio de España, habrá parages donde la mayor proximidad al Ecuador se compensará con el esceso de frialdad que tiene el Hemisferio Austral donde se halla la Nueva Holanda respecto del Septentrional donde está la España. Por consiguiente, hay sin disputa alguna parages muy estensos en la Nueva Holanda en que se disfrute precisamente del mismo clima que en España, y todo lo demas de aquella isla, que viene á ser un vasto continente casi de igual estension que la Europa entera, será terreno mas favorable para la cría de nuestros merinos, pues que está mas cerca el Ecuador, estendiéndose hasta unos once grados de distancia de dicha línea. Tenemos, pues, el ganado merino, de nuestra misma raza, en un pais sumamente estenso, y que todo él es ó tan favorable como el de España, ó mas ventajoso. Luego no hay duda en que dicho ganado prosperará mas allí, ó al ménos tanto como en España. Ahora bien, en todo aquel territorio casi no hay poblacion; y la poca que existe, se compone ó de los naturales que se hallan en un estado de todo punto salvage, ó de los desterrados de Inglaterra

que han ido á poblar allí. Por lo cual, el ganado merino podrá estar paciendo á su voluntad en el campo sin ningun gasto por parte de los pastos; casi ninguno por los pastores y gente que los guarde; por manera, que se puede obtener allí la lana casi sin mas coste que el de esquilarla. Y como en dicho pais la mano de obra no puede ménos de ser sumamente varata, resulta que se tiene la lana cortada ya en Nueva Holanda casi por nada en comparacion de lo que cuesta en Europa. El trasladarla á Inglaterra es la cosa mas fácil y ménos costosa para los Ingleses; y puesta en los mercados européos, de igual ó mejor calidad que lo ha sido hasta ahora la sspañola, surte con mas ventajas á las fábricas, y decae el precio de todas las lanas Européas. Esta es, segun mi modo de ver, la verdadera y mas poderosa causa de la decadencia absoluta de nuestra granjería de lanas; pues las que se han criado en Sajonia, en Francia y en Inglaterra son en muy corta cantidad respecto de las necesidades que hay. Pero hace como unos diez años que ha principiado á venir á Europa lana de la Nueva Holanda; hay con esto mas cantidad en el mercado; se ha rebajado el valor de las demas; pues las de Nueva Holanda pueden disminuir el precio lo necesario para ser las primeramente consumidas. Cada año se han ido aumentando las remesas de lana de la Nueva Holanda; y por consiguiente ha disminuido el precio de las Européas; y este aumento progresivo de remesas originará la ruina y absoluta decadencia de todas las lanas de Europa: pudiéndose librar únicamente de este naufragio universal las lanas españolas si se toma la providencia que voy á espresar.

483 Las lanas de Francia ya están por tierra, cualesquiera que sean las ventajas y perfeccionamientos que hayan adquirido, el precio general de esta produccion ha bajado tanto en los mercados, que ascienden á mas los gastos de produccion, que su valor en venta: y como en llegando este caso, cualesquiera que sean las providencias que se tomen, sus efectos ó resultados son efímeros, á la corta ó á la larga quedará estinguida esta granjería.

Dos medios suelen adoptarse en estos casos para sostenerla, y son: ó el favorecerla por privilegios que recaigan en perjuicio de la Agricultura; ó por la prohibicion de la entrada de materias primeras de esta clase, lo que es perjudicial á la industria; y cualquiera de los dos medios ó ambos, que adopte la Francia, repetimos que no podrá sostener la concurrencia con las lanas de la Nueva Holanda.

Las de Sajonia se sostienen todavía, porque el capricho de la moda les conserva un precio muy subido. Pero en cuanto la moda va-

ríe; y por ejemplo las Señoras prefieran otras telas, y que no será inverosímil que los Ingleses inventen una tela nueva que sea objeto de moda entre las Elegantas, y personas del gran tono, costarán mucho mas los gastos de produccion de las lanas sajonas, que los productos en venta, y entónces sucederá en Sajonia lo que hoy se empieza ya á verificar en Francia, y que irá en aumento cada dia.

484 Nuestras lanas, en la actualidad, son las que tienen menor valor. Antiguamente se pagaba en Inglaterra la libra de lana española á seis chelines, que viene á ser á unos treinta reales, y en el dia la mejor suerte *R* de nuestras lanas leonesas, no se vende arriba de diez á doce reales libra. Cuando nuestras lanas se vendían á treinta reales libra en los mercados de Inglaterra, se consideraba todavía necesario en España, para que se sostuviese esta granjería, ciertas prerogativas que cargaban sobre la Agricultura. En el dia, vendiéndose á un precio tan ínfimo, no es bastante para sostener esta granjería, no solo la continuacion de las prerogativas concedidas, ni el haber disminuido y absolutamente abolido todos los derechos que pagaban nuestras lanas á su estraccion; sinó que, aunque se diese á cada Ganadero una cuota por cabeza que tuviese, tampoco se podría conseguir que sostuviesen la concurrencia en los mercados estrangeros. Nada de esto bastaría para que nuestras lanas se sostuviesen al nivel con las nacientes de la Nueva Holanda y que irán regularmente en aumento. Por lo cual, si no se toman otras medidas diferentes de las conocidas, nuestras lanas perderán enteramente su salida en los mercados de Europa, en atencion á que las de la Nueva Holanda se podrán obtener en todos los mercados Européos á un precio aun mas bajo que lo que cueste materialmente el trasporte de nuestras lanas al estrangero. Luego, si nosotros queremos que nuestras lanas tengan salida en los mercados de Europa, y se sostenga esta produccion en España, es indispensable adoptar otros medios, siguiendo otro rumbo diferente. ¿Y cuáles son esas medidas? ¿cuál es ese rumbo? El que indica la naturaleza de las cosas, y camina con las luces del siglo. La posicion de España es tan sumamente ventajosa, el territorio español es tan privilegiado, que, á pesar de todo lo que hemos dicho, hay una circunstancia por la cual podrémos proporcionar á nuestras lanas una salida todavía mas útil y ventajosa que la que han tenido en ninguna época. Por lo espuesto hasta aquí, se deduce, no hay que alucinarse, que *nuestras lanas, como materia primera, no se podrán sostener en manera alguna en los mercados en competencia con las de la Nueva*

Holanda; pero si nosotros *tomamos el partido de manufacturar nuestras lanas por los mismos procedimientos que están en uso en las demas Naciones, nuestros paños, nuestros merinos, nuestros tejidos de lana, en general, podrán resultar á ménos precio que los que se fabriquen en ninguna otra parte del Globo.* La razon es la siguiente.

485 De los motores que hemos considerado en la primera parte de nuestra Mecánica industrial (II C), el viento no sirve para la manufacturacion de las lanas por su inconstancia; luego solo quedan los motores animados, la potencia motriz del agua en su estado de liquidez, y el vapor del agua. Los motores animados son los mas caros de todos; por consiguiente, si una misma industria se ejecuta por motores animados y por los inanimados, esta echará por tierra á la otra. Luego, ya la competencia se halla entre la potencia motriz del agua en su estado de liquidez, y la potencia motriz que proporciona el agua en vapor. Esta última es la preferible, en general, por las circunstancias que hemos espresado en el parage acabado de citar; pero en particular respecto de nosotros, y contrayéndonos á la elaboracion de la lana, es infinitamente mas ventajoso el aplicar la potencia motriz del agua en su estado natural de liquidez, que la aplicacion del agua en vapor. Y he aquí, como despues de tantas discusiones que, acaso se habrán reputado por estrañas é incoherentes y aun como digresiones, venimos á parar á nuestro principal objeto de hacer uso del agua como potencia motriz. Y como nosotros tenemos á nuestra disposicion por todas partes, pero con mas especialidad en el centro de la produccion de nuestras lanas finas y entrefinas, una potencia motriz la mas abundante y barata, resulta que si con ella manufacturamos nuestras lanas, lo podrémos hacer con tanta conveniencia, que trasportadas nuestras manufacturas de lana á la misma Nueva Holanda, ó á Sajonia, y vendiéndosela á los mismos pastores que guarden el ganado, podrémos darlas á un precio inferior, y todavía con ventajas nuestras, que lo que puedan comprarla á ninguna otra Nacion.

486 En efecto, si echamos una ojeada general sobre el precio de las manufacturas ó productos industriales, de cualquier especie y paises que sean, notarémos que, para que se sostenga aquella industria, se necesita que este precio ó valor, procedente de los objetos industriales, sea capaz de indemnizar al fabricante ó elaborador, de los gastos de las materias primeras empleadas; de los gastos de elaboracion, los cuales proceden de jornales, del local, de las má-

quinas ó utensilios de que se haga uso; y ademas que resulte un provecho á cada fabricante por su industria y trabajo, y un rédito del capital empleado en ella.

Nosotros nos hallamos ya en el caso de que la materia primera sin disputa alguna la podrán tener las Naciones estrangeras en sus fábricas á ménos precio que podrán tener allí las nuestras; pero si nosotros situamos en Buitrago el punto de elaboracion de nuestras lanas, que es casi el centro geográfico de todos los parages de su produccion en España; podrémos tener allí nuestras lanas, por un precio mas ínfimo que podrán obtenerse las de Nueva Holanda en cualquier mercado de Europa. El local, es decir, el terreno para esta manufactura en Buitrago, se obtendrá por la centésima ó milésima parte que en ningun otro punto de Europa; los jornales lo ménos por la mitad ó la tercera parte; la potencia motriz del agua por nada, esto es, de balde; solo la adquisicion de las primeras máquinas podrá costar algo mas en un principio; pero cuando se hagan en nuestro pais, lo que se logrará muy en breve por las buenas providencias que va dando nuestro sabio Gobierno, para promover los conocimientos útiles, las tendrémos bien pronto á precios inferiores á los que se puedan adquirir en el estrangero. Luego, si la materia primera y todos los gastos para convertir en paños, merinos, y demas telas de lana, son muy inferiores en España á los que se necesitan hacer en el estrangero, no hay duda que nosotros podrémos vender nuestras lanas manufacturadas, á igualdad de las demas circunstancias, á ménos precio que los estrangeros y con mas provecho nuestro. Este es el único medio que hay; todos los demas, asi como cuanto se establezca contra las leyes de la naturaleza será efímero y perecedero, cualquiera que sea el empeño que se ponga en sostenerlo.

487 Yo estoy muy distante de considerarme infalible; pero estoy firmemente persuadido de que si las causas que acabo de manifestar de la decadencia de nuestras lanas, no son las verdaderas, el camino que he seguido para indagarlas es el único medio que se debe emplear para averiguarlas; y si los remedios que propongo no son los mas eficaces, estoy seguro de que si se ensayan, y ponen en ejecucion, la misma consecuencia que se saque de que mis indicaciones no son las mas adecuadas, darán la solucion del problema, pues manifestarán otra que siendo mas ventajosa que lo que yo propongo y que lo que hoy se obtiene, resolvió la cuestion que se tenía que investigar.

488 Entendido esto, y sentado por principio que en este género de investigaciones se debe anteponer el bien general, á cuantos intereses particulares de querer sobresalir ó sostener su opinion &c. puedan sugerir un amor propio fuera de su lugar ó un celo indiscreto, vamos ahora á examinar con el debido detenimiento é imparcialidad las circunstancias favorables que se reunen para que los Españoles puedan conseguir no solo que nuestras lanas recobren su antigua nombradía, sinó que esta granjería produzca mas que ha producido nunca; y no solo no siendo á espensas de la Agricultura ni de ningun otro ramo de industria, sinó fomentándolos á todos, y redundando en beneficio de todas las clases del Estado.

489 Principiemos por manifestar y hacer ver los recursos que puede proporcionar la Mecánica y el agua como fuerza motriz á la manufacturacion de la lana. Ante todas cosas la operacion de lavar la lana, se puede sustituir con ventajas por medio de máquinas adecuadas. Tenemos la satisfaccion de anunciar que el Señor de Gamindez, capitalista ilustrado y propietario emprendedor, tiene ya establecido un lavadero por procedimientos mecánicos que produce ventajosos efectos *; y si el Señor Marques de Badillo, que parece hace

* Para dar una idéa de este aparato, máquina ó mecanismo, debemos indicar que, por el procedimiento ordinario, los hombres, apoyados sobre un pie y con los brazos en las paredes del cañal, golpean con el otro pie la lana que pasa por la corriente de agua en el cañal; de aquí resulta que cuando se cansan, se paran y la lana que pasa por aquel parage, durante todo aquel tiempo que estan parados, no recibiendo ningun choque ni golpe, no puede quedar tan limpia como la demas. El mecanismo de que ha usado el Señor de Gamindez se reduce á que unos maderos ó palos, que suben y bajan por la potencia motriz del agua, reemplazan el trabajo de 15 á 20 hombres; y como no se cansan ni el agua que mueve el sistema de maderos ó palos, ni estos, resulta hecha la operacion con la correspondiente igualdad, economizándose el gasto de todos los jornales de los operarios, y resultando la mejora del lavado.

No dejará de haber quien, al oir esto, repute que de este modo aquellos operarios carecerán de trabajo, y no teniendo con que subsistir, el efecto de la máquina mas bien es perjudicial que útil: que son las razones con que el vulgo se suele alarmar contra las máquinas. Este error se halla desvanecido en general en nuestra Mecánica industrial (11 C); pero como de él emana la causa principal de nuestros atrasos en la industria, no estará de mas el hacer algunas observaciones que dén á conocer. que si en todos los lavaderos de España se introdujese un procedimiento análogo al del Señor de Gamindez, en vez de no tener trabajo los operarios, habría mas en que emplearlos. En efecto, hemos visto (477) que una de las causas de que proviene la decadencia de nuestras lanas es de no hacer su apartado como lo practican en Sajonia, por falta de obreros; luego si los obreros inteligentes se ocupasen en dicha operacion, y no en menear sus pies para lavar la lana, esta sería mejor; y aunque se diese al mismo precio, como su elaboracion costaba ménos, resultarían mas

otro lavadero en Soria, lo ejecutase con arreglo á los conocimientos del dia, sacaría ventajas de consideracion.

Ahora, todas las operaciones de cardar ó peinar la lana, de hilarla, tejerla &c., ya todo esto se hace por máquina; y aplicando por motor en España el agua, resultarán asombrosísimas ventajas, como vamos á manifestar.

Por el estado del Censo de la riqueza de España ya citado (409), la produccion de lana fina y entrefina de España es 828'691 arrobas.

Veamos la cantidad de agua que se necesitaría para preparar é hilar toda esta lana por el procedimiento del peinado para el tejido de los merinos.

Para preparar é hilar, por dicho procedimiento del peinado, la cantidad de lana que produce una libra de estambre, despues de hilado, se necesitan segun el núm. 28 de la tabla del § 381 de este mismo libro, 27000 pies cúbicos de agua; y para una arroba se necesitarán 675000. Las 828'691 arrobas del Censo se suponen en sucio; y por consiguiente distarían mucho de producir esta misma cantidad de estambre hilado; pero como nuestro objeto es manifestar que, en el agua que hoy no tiene uso en España, hay mas fuerza motriz de la que se necesita para todas las operaciones de la industria, supondrémos que esta sea efectivamente la cantidad de estambre que se pueda producir por toda la lana fina y entrefina de España; y estamos seguros por otra parte de que en esto no nos separarémos demasiado de la verdad, pues los productos del Censo se deben considerar menores que los efectivos. En este caso, multiplicando las 828'691 arrobas por los 675000 pies cúbicos que se necesitan para preparar é hilar una arroba, obtendrémos 559'366''425'000 pies cúbicos de agua que bajan de un pie.

Puesto que por el núm. 29 de la tabla del § 381 se necesitan

---

ventajas al dueño del lavadero, y á los especuladores, y podría estenderse á pagar algo mas á los operarios, yendo en aumento aquella granjería, y pudiéndose emplear cada vez mayor número de trabajadores.

Siguiendo los procedimientos comunes, la elaboracion de la lana cuesta mas y produce ménos; de donde resulta que los Ganaderos, teniendo mas bien pérdidas que ganancias, matan sus reses para venderlas como carne á cualquier precio; por lo que disminuyendo el ganado, no hay necesidad de tantos operarios; y siendo menor el lucro de los especuladores, se ven precisados á disminuir el valor de los jornales. Queda pues, demostrado, que introduciendo las máquinas, en vez de quedar sin trabajo los jornaleros, se emplearían mas operarios y su jornal sería mayor. Esto se comprueba con lo que decimos § 494 de este mismo libro respecto de lo que se verificaría en Buitrago si se introdujese allí la manufacturacion de nuestras lanas.

por término medio 400 pies cúbicos de agua que caigan de un pie de altura para tejer una vara de merino, se deduce que como el peso de una vara de merinos es unas 6 onzas (461), se podrá establecer aproximadamente que *para tejer una libra de tela de merinos, se necesitan* 1067 *pies cúbicos*, y para una arroba 26675; luego para tejer las 828'691 arrobas de tela de merinos se necesitarán 22'105''332'425 pies cúbicos.

Si sumamos esta cantidad con la anterior, nos resultará 581'471''757'425, que espresa la cantidad de agua que se necesita para preparar, hilar y tejer de merinos toda la lana fina y entrefina de España.

Ahora bien, segun el espresado Censo, la lana fina y entrefina de España, procede de las provincias de Ávila, Burgos, Cuenca, Estremadura, Guadalájara, Palencia, Salamanca, Segovia, Sevilla, Soria, Toro y Valladolid. El centro geográfico de todas estas posiciones, esceptuando Sevilla, se puede graduar que es Buitrago; por medio de dicha poblacion pasa el rio Lozoya, que parece estar destinado por la naturaleza para ofrecer la potencia motriz que se necesita para hilar y tejer no solo la cantidad de lana fina y entrefina que produce la España, sinó tambien toda la ordinaria.

En efecto, consta por mi nivelacion del Jarama, Lozoya y Guadalix, ya tantas veces citada, que yo medí el 31 de julio de 1819 la cantidad de agua que llevaban el Lozoya y el Jarama reunidos, un poco mas abajo de la confluencia de estos rios; y hallé que en un minuto pasaban 9514,59 pies cúbicos (V. Pág. 603 del Mercurio de noviembre de 1824). Esto era en la época de las menores aguas; pero por los reconocimientos que yo tengo hechos en diversas estaciones del año, solo las aguas del Lozoya se deberán graduar por término medio en el duplo de esta cantidad; pues que ha habido épocas en que yo lo he visto con mas del cuádruplo. Sin embargo, para establecer todos nuestros cálculos mas bien por defecto que por esceso, supondrémos que el Lozoya en Buitrago suministre por término medio en cada minuto del año, solo 10000 pies cúbicos de agua; lo que hará en un dia 14''400'000; y en los 365 dias del año darán 5'256''000'000 pies cúbicos.

Esta agua proviene de las cordilleras de Somosierra, donde se halla la laguna de Peñalara &c. Ahora bien, la cumbre de Peñalara, segun la tabla del (§ 46 del libro 1.º de esta obra), se halla 7502 pies mas alta que el nivel del mar. Por la misma tabla consta que el nivel de las aguas del Lozoya en la misma presa del canal del

Conde de Cabarrus en el ponton de la Oliva, está 2486 pies mas alto que el nivel del mar. Luego si restamos esta altura de la anterior, tendrémos que la cumbre de Peñalara se hallará mas alta que el ponton de la Oliva, donde está la presa del canal del Conde de Cabarrus, 5016 pies. Buitrago se hallará como entre la mitad y $\frac{2}{3}$ de esta altura; y por consiguiente suponiendo que de estos 5016 pies de altura, se aprovechen solo 3000, que será sobre poco mas ó ménos lo que Buitrago se halle mas alto que la presa del espresado canal, resulta que los 5'256'000'000 pies cúbicos de agua, suponiendo que solo caigan de 3000 pies de altura, producirán una fuerza motriz equivalente á la que producirían 15''768'000'000'000 pies cúbicos de agua, cayendo de un pie de altura. Y como para preparar por el procedimiento del peinado é hilar, y tejer toda la lana fina y entrefina de España, hay bastante con 581'471'757'425 pies cúbico de agua, resulta que, despues de manufacturada por el procedimiento del peinado toda la lana fina y entrefina por las aguas del Lozoya entre Buitrago y el ponton de la Oliva, quedan todavía sobrantes 15''186'528'242'575 pies cubicos de agua disponibles como potencia motriz *.

* Si queremos tener una prueba convincente de las muchas que confirman que, dentro de nuestra España, se hallan las verdaderas Indias, veamos esta potencia motriz del agua que corre sin uso alguno desde Buitrago hasta el ponton de la Oliva, en que habrá una distancia horizontal lo mas de dos leguas, á cuanto importa comparada con el valor de la fuerza motriz que proporcionan las bombas de vapor, que es el motor de que hay precision de hacer uso en las demas Naciones.

Segun las noticias que yo he podido recolectar, acerca de las fábricas de bombas de vapor, resulta que cuando estas máquinas son de mucha fuerza, y entra en ellas por consiguiente mucha fundicion de fierro, son mas baratas en Inglaterra que en Francia, y en Lieja; porque en Inglaterra la fundicion de fierro abunda mucho mas que en dichos parages, y esto compensa el esceso de la mano de obra, que es mas cara en Inglaterra que en Francia y en Lieja. Mas, para las bombas de fuego pequeñas, donde es mas la mano de obra que la cantidad de fierro que contienen, salen mas baratas en Francia y en Lieja; por lo que nosotros hemos procurado tomar un término medio entre todos los precios que hemos podido adquirir. Mas como la cantidad de accion que produce el caballo vapor es tan vaga, nos hemos fijado en la que espresa el número 12 de la tabla del § 151 de este mismo libro, que produce en las 24 horas que tiene el dia una cantidad de accion equivalente á la que podrán suministrar 1'080'000 pies cúbicos españoles de agua cayendo de un pie español de altura; luego en los 365 dias que tiene el año producirán una cantidad de accion equivalente á la que producirían 394'200'000 pies cúbicos de agua cayendo de un pie de altura; por lo que si dividimos por este número el 15''768'000'000'000 á que equivale la fuerza motriz del agua del Lozoya entre Buitrago y el ponton de la Oliva, tendrémos que equivale á la fuerza de 400'000 caballos de vapor, que en virtud de lo espuesto al fin

Veamos ahora la cantidad de agua que como potencia motriz se necesitará para convertir en paño toda cuanta lana ordininaria produce la España.

490 Segun el estado del mismo Censo, la produccion de lana española, de la ordinaria, se puede reputar en 1'210'068 arrobas. Veamos la fuerza motriz que se necesitará para convertir en paño toda esta lana.

Por el núm. 24 de la tabla del § 381 resulta que para cardar la lana que produce en el hilado una libra de estambre, se necesita una fuerza motriz equivalente á la de 32294 pies cúbicos de agua que caigan de 1 pie de altura.

Por el núm. 25 consta que para hilar una libra de hilo de estambre, del que llaman *trama*, que es la hebra que en los tejidos va en la lanzadera y cruza de un lado á otro, se necesitan 1569 pies cúbicos de agua.

Por el núm. 26 de la misma tabla resulta que para hilar una libra de estambre del que llaman *urdimbre*, que son los hilos longitudinales y paralelos, de que se compone el largo de la tela, se necesitan 2122 pies cúbicos de agua. Si suponemos, lo que no distará mucho de la verdad, que en un tejido entre tanta urdimbre como trama, resulta que podrémos establecer que *para el hilado de una libra de tejido se necesitarán* 1845,5 *pies cúbicos de agua*, término medio entre 1569 y 2122.

Y como, por el núm. 27 de la misma tabla, para tejer una vara

---

de la primera parte de nuestra Mecánica industrial, (II C) es la décima parte de la potencia de todas las máquinas de vapor que existen en el universo.

Ahora bien, el *coste ó valor del caballo vapor*, de la fuerza mencionada, es por término medio, segun las noticias que yo he podido recolectar, *como unos mil francos ó cuatro mil reales*. El carbon que se necesita para cada caballo, el aceite, sebo, &c. se puede graduar por la parte mas corta en 1000 rs. por año rospecto de cada caballo. Luego el valor de la potencia motriz del agua del Lozoya entre Buitrago y el ponton de la Oliva, equivaldrá á un capital de 40000×4000=460'000'000 rs.; y ademas á una renta de 40000×1000=40'000'000 de rs. Luego si en el distrito de dos leguas en distancia horizontal se tiene una riqueza que equivale en capital á *ciento y sesenta millones* y ademas en renta á *cuarenta millones*, que si suponemos estos cuarenta millones á un cuatro por ciento equivalen á un capital de *mil millones*, resulta que la potencia motriz de la mencionada cantidad de agua que allí corre sin uso alguno y mas bien haciendo daño, se puede reputar equivalente por la parte mas corta á *mil ciento y sesenta millones*. Véase pues si no hay sobrado motivo para juzgar que no es exagerada mi espresion de que *dentro de nuestra España tenemos las verdaderas Indias*.

de paño, que se puede reputar por término medio (461) como un poco superior á una libra de peso, se necesita la fuerza de unos 500 pies cúbicos de agua; resulta que para cardar, hilar y tejer la lana correspondiente á una libra de tejido, que será próximamente una vara de paño, se necesitará la fuerza de 34639,5 pies cúbicos de agua; y para practicar todas estas operaciones en la lana indispensable para producir una arroba de paño, se necesitará la fuerza de 865∂987,5 pies cúbicos de agua.

Ahora bien, la lana que espresa el Censo se supone en sucio, y en cada operacion de lavarla, cardarla, hilarla &c. va teniendo merma ó desperdicio. Por consiguiente, las 1Ɗ210∂068 arrobas de lana ordinaria que pone el Censo, distan mucho de ser las arrobas de paño que producirían; pero nosotros, llevando la mira de calcular siempre bajo, segun el objeto de la cuestion, determinarémos la cantidad de agua que se necesitará para elaborar 1Ɗ210∂068 arrobas de paño; pues si encontramos que hay mas que suficiente agua para elaborar toda esta cantidad, con mayor razon la habrá para elaborar dicho número de arrobas de lana en sucio. Mas por otra parte, como los resultados del Censo se deben considerar menores de lo que efectivamente se produce, nuestro cálculo no distará demasiado de la verdad.

Multiplicando, pues 865∂987,5 por 1Ɗ210∂068, resulta que para convertir en paño toda la lana ordinaria que produce la España, se necesitaría 1ƊƊ047∂903Ɗ762∂150 pies cúbicos de agua, que bajen de un pie de altura.

491 Agregando á esta cantidad los 581∂471Ɗ757∂425 pies cúbicos de agua que se necesitan para convertir en merinos todas las lanas finas y entrefinas de España, resulta, que para cardar, hilar y tejer &c. toda la lana que produce España, basta una fuerza motriz equivalente á la que producirían 1ƊƊ629∂375Ɗ519∂575 pies cúbicos de agua bajando de un pie; y como la cantidad de agua que existe disponible entre Buitrago y el ponton de la Oliva, donde se halla la presa del canal del Conde de Cabarrus es 15Ɗ186∂528Ɗ242∂575 pies cúbicos, resulta un sobrante de mas de *trece billones y medio* de pies cúbicos de agua aplicable á cualquier otro género de industria: lo cual quiere decir que aun cuando la produccion de lanas de la España fuese ocho veces mayor, habia en el agua que sin uso alguno corre por el distrito comprendido entre Buitrago y el ponton de la Oliva, mas que la suficiente fuerza motriz para elaborarla.

492 Calculemos ahora el gasto que podría originar el surtido de máquinas para preparar é hilar todas nuestras lanas.

Para esto, observarémos que por el prospecto impreso de *Mr. Flint*, que yo conservo, resulta que 128'000 pesetas empleadas en sus máquinas hilan al dia de 400 á 500 libras de estambre, que nosotros tomarémos por base de nuestro cálculo el término medio de 450 libras al dia. Por consiguiente, si suponemos que el número de dias útiles del año sea 300, resulta que con 128'000 pesetas se podrán hilar al año 450×300=135'000 libras de estambre por el procedimiento del peinado, que sirve para los merinos, que hacen 5400 arrobas de hilo de estambre. Luego, para encontrar los gastos que originarían las máquinas convenientes para hilar toda la lana fina y entrefina de España, formarémos esta proporcion

5400 arrobas : 828691 arrobas : : 128000 : x=19''643'046 pesetas=78''572'184 rs. vn.

Ahora bien, la fuerza motriz que se necesita para preparar, cardar, hilar y tejer una arroba de lana por el procedimiento del cardado, que todavía es actualmente el mas estendido, se puede graduar en un quinto mas que por el procedimiento del peinado; luego el coste de las máquinas convenientes para preparar, cardar, hilar y tejer 828'691 arrobas de nuestra lana ordinaria, vendrá á ser 94''286'621 rs.; y para el total de las 1''210'068, se necesitarán 137''678'849 rs.

Cuya cantidad unida á la anterior de 78''572'184 rs. que costarían las máquinas para manufacturar toda la lana fina y entrefina, resulta que las máquinas necesarias para manufacturar toda la produccion de lana española ascenderían á 216''251'033 rs.

493 Examinémos ahora las ganancias que esto produciría. Segun lo espuesto (455), resulta que el valor de la lana en bruto es la tercera parte del valor de la tela ó paño que produce. Y como por el Estado núm. 1.° del citado Censo, resulta que el valor de las 828'691 arrobas de lana fina y entrefina, es 64''316'372 rs.; y el de las 1''210'068 arrobas de lana ordinaria es 57''750'258 rs.; tenemos que entre ambas clases importarán 122''066'630 rs. Esta lana convertida en telas de paño ú otros tejidos, producirá el triple, que ascenderá á 366''199'890 rs.; quitemos de esto el valor de la lana que es 122''066'630 rs., y nos quedará de ganancia por la manufacturacion 244''133'260 rs. Supongamos que los jornales de los obreros, y los sueldos de capataces, tintoreros &c. suba á 10''133'260 rs. vn. que no es tanto ni con mucho, y resulta de

ganancia debida al efecto de las máquinas y de la potencia motriz del agua 234@000@000 de rs. vn.

Los gastos de las máquinas ascienden á 216@251@033 rs.; el coste de los edificios en la localidad espresada entre Buitrago y el ponton de la Oliva, y todos los demas gastos para disponer las ruedas hidráulicas y obras necesarias para aprovechar el agua por motor, apenas costará unos tres millones de rs.; pero calculando largo en todo, podrémos establecer que *todos los gastos, tanto de edificios, como de máquinas, que se necesitarían para manufacturar todas las lanas de España, ascienden á unos doscientos veinte millones de capital por una sola vez*; y con este capital se obtienen *doscientos treinta y cuatro millones de réditos netos* al año: lo cual equivale á sacar desde el primer año todo el capital empleado, y mas del seis por ciento de réditos; y en los años posteriores quedar por la parte mas corta convertido el capital en renta. Yo dejo á la consideracion de los capitalistas el que comparen esta ganancia con las demas especulaciones, y vean si el asunto es ó no digno de la importancia que en nuestro concepto corresponde.

494 Ahora bien, en Buitrago, segun todas las noticias que yo he podido adquirir, no hay ninguna fábrica ni establecimiento donde se manufacture la lana, ni se empléa aquella inmensa cantidad de fuerza motriz que puede proporcionar el agua en nada absolutamente, y ántes consideran como perjudicial el rio que tantos beneficios les podía proporcionar. Pues si ahora se empleasen en jornales y en operarios &c. al año 10@133@260 rs., ¿no se pierde la imaginacion al considerar lo que es hoy Buitrago y lo que sería entónces?

Por otra parte, yo desafío á todos los especuladores del universo á que me señalen un parage de todas las Indias sean orientales ú occidentales que hayan podido rendir, en un distrito tan corto como dos leguas en distancia horizontal, *doscientos treinta y cuatro millones* de rs. de ganancia líquida.

495 Pero no se necesita desde luego todo este avance; basta que en un principio se ponga solo un establecimiento como el del *Baron de Fourmont*, cuyas máquinas ascienden al valor de 128000 pesetas; que hacen poco mas de medio millon de rs., y se ve que esta es una cantidad que no escede de las empresas de capitalistas medianos; y luego con lo que esto diese podría procederse á ir dando mas estension á esta manufactura.

496 Pero ni aun esto es necesario: bastaría para que esta granjería se convirtiese en estado floreciente, en vez de la decadencia en que

hoy se halla, con que se pusiese un solo establecimiento mas pequeño; y aunque solo se redujese á la forma del espresado (460), y que se podría proporcionar en Buitrago con unos quince mil duros de capital, se notarían desde luego ventajas tan asombrosas, que al momento se formarían otros semejantes, y quedaba asegurado este importante ramo de industria, con ventajas conocidas no solo de los emprendedores, sinó de todas las clases del Estado.

SECCION SEXTA.

Indicaciones generales acerca de los diversos medios que deberán emplear los Españoles para sacar mejor partido de su esquisita produccion de sedas.

497 *Don Antonio Sandalio de Arias* en la 29 de sus lecciones de Agricultura, trata *de los insectos útiles en la economía rural y doméstica*; y el primero, de que se ocupa y con muchísima razon, es del gusano de la seda recordando las ventajas que sacó en otro tiempo la España de este ramo de industria. Esto nos dispensa el detenernos en manifestar la importancia del objeto que nos ocupa; y suponiendo que se tienen presentes los principios establecidos por tan recomendable Autor, pasaré á dar á conocer las noticias que he podido recoger durante mis viages, y lo que en mi concepto sería oportuno adoptar.

498 Ante todas cosas, recordaré que uno de los objetos que me hizo emprender un viage al mediodia de la Francia, fué el examinar el estado de las manufacturas de seda; y en su consecuencia, me trasladé á Lion, donde con el auxilio de los *Señores Dotres y Clavé*, recomendables Españoles que siguen allí el comercio, logré visitar los principales establecimientos, y tratar con *Mr. Balbis*, Profesor acreditado y Sabio de primer órden en materias de esta especie, y con *Mr. Gensoul*, que es el inventor de los nuevos aparatos para hilar la seda y ahogar el capullo. Despues me trasladé á Avignon; y por la mediacion del *Excelentísimo Señor Duque de Mahon*, logré la entrada en varios de sus establecimientos, y conferencié con *Mr. Requien*, Catedrático de Botánica y Agricultura, sugeto de un mérito distinguidísimo en dichos ramos. Pasé despues á Aix, donde por la bien merecida opinion que allí disfrutaba mi antiguo amigo el *Ilustrísimo Señor Don Antonio Posada*, logré que se me franqueasen varias personas instruidas sobre estos ra-

mos, en Marsella, Tolon, Draguignan, &c. Y por último, al emprender mi viage á la Bélgica y á la Holanda, visité el establecimiento que con el objeto de promover la cria de la seda y sus manufacturas, se ha formado en la Bélgica.

499 Para proceder con órden, en materia por sí tan vasta, y que exige tan variados conocimientos, referiré las noticias que he recolectado separadas unas de otras; porque como hay algunas sobre que todavía la esperiencia no ha resuelto definitivamente, conviene dejar al lector compararlas entre sí; y auxiliado de sus propias observaciones, decidir acerca de los medios que son preferibles. Y como hasta ahora se había creido que la existencia del moral y cria del gusano de la seda, no podía establecerse con utilidad en los paises mas septentrionales que Lion de Francia, cuya latitud es de 45° 45′ y 58″ Norte, juzgamos oportuno principiar por las noticias de dicho establecimiento, que hallándose á 50° 42′ y 12″ Norte desvanece de hecho cuantas preocupaciones puedan existir sobre esta materia.

500 Nuestra posicion geográfica es tan ventajosa, que siendo la latitud del punto mas septentrional de nuestra Península, segun hemos indicado (§ 5 ej. 5.° del Lib. 3.°), solo de 43° y 55′, no puede ya quedar duda en que, en todas nuestras provincias puede cultivarse el moral y criarse la seda; pero esto se halla por otra parte comprobado del modo mas auténtico; pues yo he visto criarse la seda en los puntos mas al Norte de España, como son en Fuenterrabía por mi *Señora la Condesa de la Torrealta*, y en Irun por mi *Señora Doña Vicenta Arbelaiz.*

501 Sentado esto, principiaré por la visita ó reconocimiento que hice el 21 de abril de 1829 del establecimiento que para aclimatar el moral, y criar el gusano de seda tenía el Rey de los Paises-Bajos á 3 cuartos de legua de *Ath* en el camino de esta ciudad á la de Bruselas.

Se estableció en 1826, y lo dirigía el apreciable Español *Don Carlos de Beramendi.* Se compone de un taller, que se apellida *modelo*, y es una pieza rectangular de unos 60 pies de largo y 35 de ancho: tiene dos órdenes de zarzos, hechos de madera, con 6 pisos cada uno. Al frente hay un parage en que se pone la hoja que se da al gusano. Estos pisos se componen de varillas ó listones de madera de una pulgada de ancho, que dejan entre sí un hueco de $\frac{2}{3}$ de pulgada. Encima se pone papel; y sobre este el gusano, y la hoja; en cada una de las cuatro esquinas de la pieza hay una chimenéa, que

cuando el higrómetro da mas humedad que la conveniente, se enciende con virutas de carpintero, que dén llama ligera, para quitar la humedad escedente; porque al gusano hace mas daño la humedad que el frio. Hay unas ventanillas, como de medio pie en cuadro tanto en la parte superior como en la inferior del edificio, de distancia en distancia todo al rededor, con el objeto de renovar el aire de cierto en cierto tiempo.

Para alumbrar bien la pieza, cuando cuidan al gusano, hay unos quinqués con reverberos, que, por medio de poléas, suben y bajan para poder alumbrar en el parage conveniente. Principian á hacer avivar el gusano hácia el diez de junio si la vegetacion está adelantada. Por manera, que no se ponen á avivar, sinó cuando ya la hoja del árbol ha brotado.

Entónces se ponen los huevecillos en una especie de armario de madera, con diversos pisos y separaciones. Sobre las tablas de estas se ponen pliegos de papel un poco fuerte, del tamaño de la separacion. Encima se coloca la semilla ó huevecillos; sobre estos se ponen pliegos de papel con agujeros; y encima de estos, se echan las hojas delgaditas de la morera. Se principia haciendo que el calor sea de 14 grados del termómetro de Reaumur el primer dia; se va aumentando uno ó dos grados cada dia, hasta que al fin sea de 22 grados, pero no mas. Tardan por lo regular 4 ó 6 dias en avivar. La semilla, que viene de Italia, necesita mas tiempo y mas calor para avivarse. La que se cria en el pais tarda ménos y aun se avivan á 11 grados del mismo termómetro. Cuando se observa que los gusanillos salen por los agujeros, se ponen las hojas para recibirlos; y cuando estas se llenan de ellos, se trasladan á otros nichos en el mismo armario. El año de 1828 todos se avivaron en 3 dias. Al cabo de cinco dias mudan la camisa, y estan 24 horas sin comer.

El primer dia, para trasladarlos se les ponen hojas enteras, pero despues la hoja que se les da es cortada; lo cual se ejecuta con un instrumento que se parece á dos partesanas unidas y que por los estremos tiene dos mangos. Despues de los cinco dias, cuando despiertan, se les ponen hojas enteras para que se suban y agarren á ellas: estas se ponen sobre un papel que está encima de una tabla volante, y entónces se quita el papel antiguo, se limpia bien, y se coloca el nuevo pliego, y despues se les da la hoja cortada durante la segunda edad, que es por lo regular de 5 á 7 dias; duermen otras 24 horas, mudando de camisa, y los que se retardan, se po-

nen aparte. A la tercera edad, se ponen tambien las hojas enteras para recibirlos á fin de tocarlos con la mano lo ménos posible; y durante la tercera edad se les da la hoja tambien picada, pero mas gruesa. A la cuarta edad se ejecuta lo mismo cortando la hoja; pero en otros paises se les da la hoja entera, y aun se ponen ramos completos. La quinta edad es la última; en ella están diez ó doce dias, engruesan mucho; y cuando vienen á adquirir un blanco amarillento trasparente es señal de que quieren ya subir. Se les ponen ramos de colza, porque no hay otra cosa, colocándolos de modo que por arriba se unan las ramas formando bóveda; y para escitarlos á subir, se ponen algunas hojas al rededor de los troncos de las matas.

En las cuatro primeras edades se les da de comer de 6 en 6 horas, esto es, cuatro veces al dia, que se arreglan de modo que la 1.ª comida es á las 3 de la mañana; la 2.ª á las 9; la 3.ª á las 3 de la tarde; y la 4.ª á las 9 de la noche. De este modo se hace todo con luz natural, pues es la época en que los dias son mas largos, y allí amanece mas temprano por estar mas al Norte. Durante la quinta edad, si los gusanos comen bien, se les da dos comidas mas. Los gusanos que no quieren subir, se colocan en un cucurucho de papel y allí trabajan.

Me enseñaron un capullo, cuyo gusano se había avivado en enero, y se habian alimentado en Bruselas con una planta, que es una especie de escorzonera: lo tenían en una copa de las en que se sirve el vino de Champaña.

Acaban su capullo en 7 dias. Los mas pequeños son los machos; los mas grandecitos son las hembras: de manera, que para separar tantos machos como hembras, tenían cuidado de elegirlos, de modo que los capullos sean siempre los mas firmes. Se ponen horizontales en filas alternativamente un macho con su hembra en un parage caliente como á 15 grados, pero siempre en parages secos. Luego que se han guardado los necesarios para la semilla, se ponen los demas al horno para hacerlos morir; se tapa el horno, pero no se debe hacer que el calor sea demasiado fuerte, porque les perjudica. Sería lo mejor hilar el capullo sin matar el gusano; pero esto no puede hacerse sinó en pequeña cantidad; porque una persona no puede hilar al dia sinó siete libras de capullo.

Desde los 7 dias hasta los 15 se pueden hilar sin peligro, pero en pasando 15 dias es preciso sofocar ó ahogar el gusano. Para hilar la seda, ponen los capullos en agua caliente hasta el punto que la hilandera pueda meter su mano. Los tornos tienen disposi-

cion para hilar dos madejas á un tiempo, y aun cuatro; y para hacer un movimiento de vaiven, hay una especie de engranage cónico. El primer torno vino de Italia; los otros los han hecho en *Ondenarde* y en Bruselas. En *Ondenarde* hay un caballero que tambien cultiva la seda, y tiene ya pañuelos, para su uso, de la seda que él mismo ha cultivado.

Los Italianos hilan á 4, pero no se hace mas, por romperse, y hay mas desperdicio. Los hilanderos Franceses hicieron ver que con lo que el hilandero Italiano desperdiciaba, todavía hilaban ellos. Por otra parte en 26 dias no hiló sinó 3 libras de seda mas. Los tornos tienen roscas y tuercas para aflojarlos cuando se quiere quitar la madeja. Los husos y las tuercas son de madera; pero han aconsejado que sean de cobre para que duren mas. Queda la madeja en el torno una noche, y al dia siguiente la quitan, para cuyo efecto tienen dobles tornos.

502 La semilla del moral se siembra en la primavera, cuando ya han cesado las heladas. Comienza á nacer como á los 15 dias, y para que se acelere su nacimiento, se pone la semilla en agua de rio espuesta al sol; y de este modo nace mas pronto. Dicen que en algunos paises con estas plantas nacientes se puede criar al gusano; pero allí no ha probado, porque no crece la hoja con bastante velocidad. Esto es bueno para el momento en que el gusano se acaba de avivar, segun la opinion del sugeto que dió estas noticias, y en su concepto es mejor que la hoja se tome del árbol, porque la savia se forma mejor. Sin embargo, yo creo que esta podría servir para empezar por semilleros hechos en camas calientes, y luego seguir alimentando el gusano con las hojas del árbol.

Para criar el árbol, á la primavera siguiente se arrancan, se limpia la tierra, se labra, se abona con estiercol fino, y se trasplantan á mayor distancia, cortando todo el tallo y un poco la raiz: de modo que salga fuera de tierra como un dedo solamente. Se necesita para hacer la siembra un terreno ligero, esto es, algo arenisco; se trasplantan en lineas á 4 pulgadas de distancia. Esto se hace por marzo. Para tener buenos árboles, no se debe quitar la hoja en dicho año; porque esto siempre daña algo á la planta. Si la tierra es buena, en dicho año debe dar un tallo de unos 3 pies de largo. A la primavera siguiente, de dos líneas de árboles se hace una, quitando uno alternativamente; lo que es bueno para darles mas aire, y que las raices tengan mayor espacio donde chupar el alimento: haciéndose esto en ambos sentidos de líneas, de modo que queda solo

la 4.ª parte de los árboles, y los demas se trasplantan á otro parage. Cuando el terreno es favorable, se puede quitar solo la mitad, alternando en cada linea una, y de este modo se presentan en lineas diagonales. Los que se quitan de este modo se trasplantan á otros terrenos en la misma forma. Y así se sigue por tres años, de modo que es preciso cortarlos hasta tres veces de seguida, casi en el mismo parage.

Al cortarlos el primer año, se dejan como unas dos ó tres yemas sobre el cuello de la raiz; pero cuando van á brotar las yemas, se tiene cuidado de reconocerlas bien; se deja solo una, que conviene sea la mas gorda, llena y hermosa; por lo cual solo echará un tallo. En el año siguiente, se corta como una pulgada mas alta que el año anterior, se observa cual es la yema mejor, y se deja esta sola, ó si se quiere, para que la savia no aborte demasiado, se dejan desenvolver dos ó tres tallos, que luego se quitan todos escepto el mejor; de manera, que nunca se deja sinó un tallo.

Habiendo ya hecho este corte tres años, el tallo que resulta en el último año es de 5 á 6 pies. Entónces se corta la guia, dejando tres ó cuatro ramas las mejores formadas, y se cortan estas tambien á unas cuatro pulgadas, para formar la cabeza ó copa del árbol; porque si esto no se hiciera, el árbol se elevaría demasiado; lo que no es bueno. La copa debe quedar á unos 5 pies sobre la tierra para facilitar el coger la hoja. En el año siguiente, á cada una de estas ramas no se le deja sinó dos, para hacer una horquilla; en el año que subsigue se hace lo mismo, procurando que la horquilla no quede nunca por la parte interior del árbol, para facilitar el que el hombre pueda subir á coger la hoja, y que se ventile bien: pero cada año las horquillas van siendo mas grandes; á fin de que las ramas se vayan separando mas. Esto se hace por espacio de unos cuatro años; luego, se dejan á su arbitrio, pero nunca será malo el cortar las ramas pequeñas y endebles, porque las mas robustas son las que echan mejor hoja. Todas estas noticias me las dió el sugeto que tiene allí el Señor de *Beramendi*, el cual se ha educado en Francia en parages donde se cría la seda, y despues ha estado mucho tiempo en Suiza.

503 Se pueden coger dos ó tres cosechas de seda en el mismo año. Es decir obtenida la semilla de la primera: aquella semilla hacerla avivar, y acabar, y despues la semilla de esta hacerla avivar otra tercera vez. Acaso en paises calientes se podría hacer hasta una cuarta. Tal es la opinion del espresado sugeto; pero en España se

han hecho ensayos, y se ha obtenido una segunda cosecha; pero resultó de poquísimo valor comparada con la primera. Esto no obstante, sería muy conveniente el repetir estos ensayos, y darles la publicidad competente; pues de este modo acaso se hallaría el verdadero camino para conseguir este aumento de produccion.

En las últimas cosechas, como el animal no suele tener bastante fuerza para romper el capullo, se les ayuda abriéndolos con unas tijeras á los 15 dias de haber comenzado á trabajar; y la crisálida se coloca sobre un papel en un parage cualquiera: y aunque ella no se haya trasformado todavía, no importa.

504 La cría de los gusanos de seda efectuada en Bruselas en febrero de 1829, se verificó del modo siguiente. En una papelera ó escritorio que el Señor de *Beramendi* tenía en su cuarto había guardado la simiente de la seda. La criada observó que corrían los gusanos por las paredes de la casa. El Señor de *Beramendi* al instante los recogió, y los puso en una cajita con papel, debajo de una estufa; les echó de comer hojas de escorzonera frescas, pero no húmedas: y de noche, para no tener cuidado de la estufa ponía la caja cerca de la luz de un quinqué para conservarlos al calor. Se criaron unos 15 gusanos; principiaron á mediados de febrero, y acabaron de formar el capullo el 9 de marzo. Ningun gusano murió; y pasaron una ó dos mudas ó cambios de camisa ménos que por el otro método. Para que formasen el capullo, los pusieron primero en copas como las que se usan para servir el vino de Champaña; y yo he visto uno de estos capullos en la misma copa en que se formó.

505 Pasemos ahora á las noticias que verbalmente recolecté en mi viage por el mediodia de la Francia, y que son el resultado de mis conferencias con los Sabios, Artistas y propietarios mas inteligentes en dicha materia. En Avignon vi con el mayor gusto verificada mi idéa de que una corriente de agua sin caida ninguna puede dar movimiento á una inmensidad de tornos para torcer la seda, que allí llaman *molinos*. En efecto, hay en dicha ciudad una corriente de agua que viene de la fuente de *Vaucluse*, que mueve como unos 200 de dichos molinos ó ingenios para torcer la seda. Las ruedas son todas de paletas y tienen por lo regular 12 paletas planas; de manera, que si se introdujesen las paletas curvas, se aumentaría mucho la potencia. Las mismas ruedas sirven para subir agua, y en el jardin de plantas hay una que no tiene mas objeto que este. Para lo cual hay en cada lado de la rueda unos cajones rectangulares con un agujero, por el cual entra el agua al sumergirse en

ella, y luego sale cayendo en una artesa de donde pasa al depósito. Cada una de estas ruedas pone en movimiento á cuatro ó seis máquinas de torcer la seda: en cada torno hay unas 140 canillas ó brocas. Los tornos son ahora ovalados, los cuales hacen casi el mismo efecto que los circulares, y donde caben dos tornos circulares se pueden colocar bien tres ovalados. Los óvalos son como especies de ochos, ó dos óvalos juntos. El artificio es sencillo, todo es de madera muy ligera; el movimiento de vaiven para que se arrolle la seda en las canillas, se hace por medio de escéntricos. Disponiendo de la misma manera cuatro ó seis de estos tornos se tienen todas las operaciones que una familia puede hacer; pues para todo esto sirven las mugeres, los niños &c. Se puede asegurar sin exageracion que una persona con el auxilio de la potencia motriz del agua, puede hacer el efecto de 200 que trabajasen con su fuerza muscular sin auxilio del agua. Para suspender el movimiento separan el engranage de la rueda de agua, y esta continúa siempre dando vueltas.

Hay en toda la poblacion como unos mil mecanismos de seda, y algunos se mueven por caballerías. La tela que se denomina *Florencia*, y el torcido de la seda lo introdujeron los Florentinos que vinieron á establecerse en Avignon.

Si hiciesen andar los tornos por la noche, alternando las personas, no se desperdiciaría la potencia y se obtendrían mayores ventajas.

Para hilar la seda es necesario poner lo ménos 3 ó 4 capullos, y el mayor número de 9 á 10. En los capullos hay cuatro calidades; la mas grosera es aquella, cuyos capullos son mas grandes y están mal formados; provienen de meterse dos gusanos en un mismo capullo. La segunda es de aquellos capullos en que se despachurran dentro los gusanos y producen mala seda. Se conocen en que tienen manchas. Forman la tercera los capullos débiles, y en que el gusano ha muerto dentro sin acabar su obra. Se conocen en que no son duros sinó débiles al tacto y se doblan. La cuarta se compone de los que llaman *Veloutés* por tener la superficie esterior como afelpada. La quinta clase la forman los capullos mas pequeños, lisos, duros y que son finos por encima. La seda que estos producen sirve para las telas finas. Cada clase debe hilarse por separado. Los dobles, que son los que nosotros llamamos *alducares*, sirven para la seda de coser, ó para las obras mas groseras, como galones, medias &c. Los segundos se mezclan con las otras clases para hacer las obras de seda grosera como el *damasco*, *tapicería*, *trama*, *guan-*

tes, y tambien *medias*. La seda mas hermosa es para hacer la cadena ó urdimbre de las telas finas, como la Florencia, raso, gros de Naple &c.

506 Se debe tener presente, al hilar, que es muy conveniente mudar el agua lo ménos 3 veces al dia; quitar los gusanos que ya no tienen seda, porque corrompen el agua, á cuyo efecto los hilanderos mojan los dedos en agua fria para no quemarse. El fuego ha de ser igual. Se debe procurar que los capullos no acaben todos de una vez, porque en aquel parage sería débil la seda; y así debe proporcionarse que los unos principien, otros acaben, y los otros estén al medio.

Para sofocar el gusano hay una máquina que lo hace en 10 ó 12 minutos. Se podría hacer al vapor del agua ó por calorímetros poniéndolos en una tela muy clara. Muerto el gusano, puede guardarse el capullo todo el tiempo que se quiera; pero es menester moverlos todos los dias para que no se cubran de moho á fin de que la polilla no les haga mal. Si se hila sin matar el gusano á la estufa, que es lo mas 8 dias, es mejor la seda. En Cotignac y Hieres hay máquinas para hilar la seda: tres hombres con dichas máquinas hacen mover 1600 usos: el constructor está en Montpeller.

507 En las fábricas de cintas de St. Etienne, un hombre hace 6 piezas de cintas de las mas anchas de una vez y 12 de las de unas dos pulgadas de ancho. Un hombre mueve el telar; y para los dibujos se hace uso de los cartones con agujeros, de que hablarémos despues.

En *St. Chamon*, el dia 19 de febrero de 1829 vi una fábrica de *lacets*, que son cordones y trenzas de todas especies y de todas materias; una bomba de vapor pone en movimiento como unos 120 aparatos de hacer cordon ó trenza. Se reduce á un cierto número de hilos que en sus respectivas canillas van dando vuelta y enlazándose los unos á los otros, de modo que parece una contradanza.

La seda blanca la trajo de Nanquin un Ministro de Francia, y es en efecto la mejor bajo todos aspectos. La de Roquemaure está ya un poco mezclada; la mejor en el dia, es la de *Bourg Argental* cerca de Annonay. Tambien la hay en Líon. *Mr. Lebrasseur* constructor en París de máquinas para hacer trenzas, cordones &c. hace estos aparatos de modo que cada uno contiene 50 canillas ó brocas; cada broca ó canilla hace por minuto 6 pies de cordon. Para cada telar ó aparato se necesitan 4 personas, 2 grandes y 2 pequeñas: cuesta dos mil pesetas cada uno de estos aparatos, que puede dar 50 libras diarias en mercancías. En Inglaterra y Suiza

hay fábricas para hilar el desecho de la seda. Todo lo demas, concerniente á la materia, juzgamos que para la mayor claridad y mas fácil comprension de nuestros lectores, será conveniente insertarlo como estracto de las obras que hemos consultado.

508 El primero, de que nos ocuparémos, será la *Memoria sobre el cultivo del moral* por *Matthieu Bonafous*, Director del Jardin Real de Agricultura de Turin &c., que ha sido premiada con una medalla de oro por el Departamento del Ródano. Tercera edicion 1827.

«En el prólogo se espresa que al fin del siglo décimo quinto varios Señores, que habían acompañado á Carlos VIII en las guerras de Italía, habiendo notado las ventajas que dicho pais sacaba del comercio de la seda, enviaron á buscar morales á Nápoles y se plantaron en las cercanías de Montelimart, donde aun se halla uno de estos árboles antiguos. Dicho Principe creó, pocos años despues, semilleros, ó almácigas de morales, y fomentó las fábricas de seda de Lion y de Tours; sin embargo, estos primeros ensayos no tardaron en abandonarse, y en tiempo de Luis, el Padre del pueblo, no se empleaban aun sinó las sedas de España y de Italia. En tiempo de Cárlos IX se cubrieron de morales el Languedoc, la Provenza y el Delfinado.

»En 1599 se prohibió la importacion de telas de seda, y se fomentó el cultivo del moral en todos los terrenos que se les creyó favorables. En 1602 por un decreto del Consejo de Estado se desanimaron los cultivadores.

»Luis XIV, bien persuadido de que la prosperidad de una Nacion estribaba principalmente sobre la Agricultura y el Comercio, eligió á Colbert para ejecutar sus designios. Este Ministro percibió toda la ventaja que se podía sacar del moral; estableció almácigas por el Gobierno, distribuyó los pies que en ellas se criaban, los hizo plantar á espensas del Estado; y estableció pagar una recompensa por cada árbol que subsistiese tres años despues de su plantacion. Luis XV y Luis XVI continuaron fomentando estos plantíos; pero como la industria agrícola se funda difícilmente cuando no se vislumbra sinó un porvenir incierto, este ramo se paralizó con mutivo de la revolucion; y como durante el gobierno imperial se consideraba la Italia como una parte de la Francia, no se dió un paso para fomentar la produccion de la seda.

»Despues, las sociedades Reales de Agricultura de París, y de Lion, así como varias sociedades departamentales han coadyuvado

á este fomento, y por último en el reinado de Carlos X se ha fundado en el Departamento de Sena y Oise una quinta esperimental, destinada al cultivo del moral, y á la cria de los gusanos de seda. Aquí termina la historia del moral, desde la época de su introduccion en Francia. Se debe creer que su cultivo hubiera ya adquirido todo el desarrollo que toma en el dia si la incertidumbre de obtener cosechas de seda satisfactorias no hubiese debilitado el celo de algun número de cultivadores; ellos atribuyeron al clima y al terreno, accidentes que pertenecían á la ignorancia, y cortaron los pies de estos árboles que debían enriquecerlos.

»Reducir el arte de gobernar los gusanos de seda á principios y reglas simples, fáciles y capaces de asegurar el esmero de las crias, es el camino que era necesario seguir para hacer apreciar la utilidad del moral; y tal es el servicio señalado que el *Conde Dandolo* ha hecho á la economía rural. Su método asegura á los que se dedican á criar la seda un éxito tan constante, que este árbol puede venir á ser una de las principales fuentes de la riqueza territorial. Las bases sobre que reposa el modo de cultivo que proponemos, y cuyas ventajas hemos reconocido por nuestra propia esperiencia, pertenecen en gran parte al *Conde Carlos Verri*, cuya Memoria estimarémos siempre; y á quien la Agricultura Italiana debe importantes mejoras. Ayudado tambien de otros agrónomos, y principalmente por nuestro sabio amigo el *Marques Spin*, creemos poder ofrecer resultados que merezcan confianza."

509. El capítulo primero contiene las nociones preliminares; y en ellas se pone que "el moral blanco tiene sobre el negro las ventajas siguientes: las hojas brotan quince ó veinte dias ántes; por lo cual los gusanos se adelantan todo este tiempo y se hallan preservados de los calores del solsticio de estío. 2.ª Crece mas pronto y su ramage es mas abundante. 3.ª Su hoja es mas tierna y mas nutritiva; produce una seda superior á la del moral negro, al que los gusanos de seda no se acostumbran voluntariamente cuando son jóvenes. Esta especie, la sola de que nos ocuparémos, comprende variedades bastante numerosas para que los agrónomos no se conformen en su nomenclatura. *Dandolo*, despues de haber examinado muchas, dió la preferencia á las conocidas en Lombardía bajo los nombres de *giazzola* y de *foglia doppia*. Este célebre cultivador prefería sobre todo este último, reputándole como el mejor, aunque el árbol es difícil de deshojar. Hoy se recomienda el cultivo de una subespecie ó variedad de moral blanco, que el Doctor *Morelli*, Profesor de Agricultura en

la Universidad de Pavía, nos ha enviado bajo el nombre de *morus macrophylla*, ó moral de hojas largas, y que nos proponemos propagar, si conocemos que sea preferible á las generalmente cultivadas.

»Entretanto, decimos que sobre un gran número de variedades, que hemos observado, la forma de las hojas ofrece diferencias sobre el mismo individuo; que el que presenta, en su juventud, hojas enteras, acaba muchas veces, con la edad por presentarlas recortadas, y no es raro el que las hojas del segundo brote difieran de las del primero.

»Así, nos limitarémos á decir, que se distinguen en la hoja del moral cinco sustancias diferentes: 1.ª el parenquima sólido, ó sustancia fibrosa; 2.ª la sustancia colorante; 3.ª el agua; 4.ª la sustancia azucarada; 5.ª la sustancia resinosa. Las sustancias fibrosa y colorante y el agua, ménos la que viene á ser parte integrante del animal, no son propiamente sustancias nutritivas para el gusano de seda. La sustancia azucarada es la que nutre al gusano, le hace crecer y se convierte en sustancia animal. La resinosa es la que, separada y elaborada por el organismo animal, constituye la materia de la seda.

»Los Botánicos incluyen el moral en la clase de plantas *monoicas*, la cual comprende aquellas cuyas flores machos y hembras existen separadamente sobre el mismo individuo. Sin embargo, no es raro hallar los dos sexos separados sobre pies diferentes; en cuyo caso pertenece tambien el moral á la clase de las plantas *dioicas*. Esta circunstancia nos conduce á juzgar, que sería interesante propagar de preferencia el moral macho, de lo cual resultarían muchas ventajas, á saber: 1.ª No habría el desperdicio considerable que resulta cuando se limpia la hoja, quitándole el fruto. 2.ª En las últimas edades del gusano, en que la hoja no se limpia sinó groseramente, no se obtendrían en la cama ó lecho aquella mezcla de los escrementos con las partes mucilaginosas, que aumenta la fermentacion, siempre con perjuicio de estos insectos. 3.ª Parece que la savia, que sirve para nutrir los frutos sobre el árbol hembra, concurriría útilmente, sobre el individuo macho, á la nutricion de las hojas.

»Se puede emprender el cultivo del moral para alimentar el gusano de seda, en todos los climas en que este árbol, deshojado una vez en el año, puede producir segunda hoja, y formar bien la nueva madera. Aunque el moral viene bien en toda especie de terreno, con tal que no sea impropio á la vegetacion, sin embargo, no ad-

quiere por todas partes la misma fuerza ni sus hojas el mismo grado de bondad.

»El moral plantado en los parages elevados, ventilados, naturalmente secos, y en los terrenos ligeros, produce generalmente una seda abundante, fina y nerviosa. Espuesto á vientos á los cuales puede resistir, viene á ser mas robusto; su madera adquiere mayor dureza, y sus raices son mas fuertes, principalmente hácia el lado por donde viene el aire. El mismo árbol, en los parages bajos y húmedos, en las tierras sustanciosas, da una seda ménos abundante é inferior en calidad. Es por otra parte constante que las plantaciones de morales, hechas en las regiones frias, no dan hojas tan buenas. La escasez de las lluvias, y un calor sosténido mejoran el jugo nutritivo de estas hojas como el de todos los árboles originarios de los paises cálidos. Estas diferencias son generales; hay otras que pertenecen á circunstancias locales y atmosféricas.

»No queremos dejar de manifestar que la sombra y las raices del moral no perjudican de ningun modo á las cosechas de sus inmediaciones, y que la cogida de la hoja y la poda del árbol no traen inconvenientes: esto es lo que el moral tiene de comun con los árboles que se plantan ordinariamente en los campos; pero es justo decir que se hallan compensaciones no solo en la rica materia que el moral suministra á la industria, sinó en la madera que se saca de la poda, en el abono precioso que da el escremento ó estiercol de los gusanos de seda, así como es el mas poderoso el que suministra el insecto mismo, despues de hilado el capullo.

»Como la madera del moral es bastante dura, es propia para hacer diferentes obras de torno, carpintería y ebanistería. Tambien se puede hacerla empozar en el agua, y la corteza filamentosa que se desprende sirve para hacer cuerdas, tela ó papel *. El peso específico de la madera de este árbol es el mismo que el del nogal, que pesa unas 44 libras el pie cúbico si está perfectamente seco."

510 El capítulo 2.° trata de la *siembra de las moreras*, y se dice en él, que el medio de sembrarlas es el mas seguro para obtener individuos vigorosos y que produzcan bien. La semilla, que uno se propone sembrar se debe coger de los árboles perfectamente

---

* Don Santiago Grimaud, fabricante de papel en España, cuya fábrica existe en Gárgoles, provincia de Guadalajara, y su almacen en Madrid, Plazuela del Angel, es el primero que ha fabricado papel con la corteza del moral ó de la morera. Yo asistí en París á la sesion pública de la Sociedad de Fomento de aquella Capital en que se declaró *socio* á este apreciabilísimo sugeto.

sanos, ni demasiado jóvenes, ni demasiado viejos, y no se debe quitar la hoja de ellos, el año que se quiere coger el fruto: en fin, es necesario esperar que las moras hayan llegado á la perfecta madurez y que se caigan por sí mismas del árbol. Estas, así cogidas, se despachurran con los dedos en una vasija llena de agua; y cuando la semilla parece desprendida de la pulpa se inclina la vasija, de manera que todos los despojos se escapen con el agua, y que el grano quede en el fondo; se renueva el agua, y se reiteran muchas veces estas lociones hasta que la semilla esté bien limpia; despues se pasa por un lienzo, y se estiende á la sombra, en un parage aireado para que se pueda secar.

"En virtud del órden de la naturaleza, la verdadera estacion para hacer la siembra es aquella en que las semillas, habiendo llegado á su madurez, se esparcen por sí mismas. Así, despues de haber separado la semilla de la pulpa, se debería confiar inmediatamente á la tierra; pero cuando la estacion está adelantada, ó cuando la naturaleza del clima hace temer que las pequeñas plantas, que nacen ordinariamente en 8 á 12 dias, no pueden tomar bastante fuerza para sostener el rigor del invierno, no se debía sembrar sinó á la primavera siguiente, cuando ya no hay que temer las fuertes heladas. El medio de conservar la semilla consiste en mezclarla y enterrarla en arena bien seca, que se deposita en un lugar fresco y sin humedad; ella conserva por este medio su frescura, y se encuentra al abrigo del contacto inmediato del aire.

» Si el terreno, en que se siembra, es demasiado fuerte y tenaz, se esparce en él una ligera capa de ceniza, hollin, ó de mantillo bien pulverizado, á fin de que los rayos del sol no le endurezcan. Una onza de semilla, si nace bien, produce unas diez y seis mil plantas de moral. Mientras mas se remueva la tierra, sin perjudicar á las raices, mas vigorosa es la vegetacion."

511 El capítulo 3.° trata de los ingertos, y dice que es aun cuestionable entre los agricultores si es ventajoso ingertar el moral, ó dejar este árbol en su estado primitivo. Se decide "por ingertarlos, único medio de proporcionar al gusano un alimento de igual calidad. Agricultores instruidos aconsejan ingertar los morales en el parage mismo en que se han sembrado ántes de trasplantarse." Hace algunas observaciones sobre el modo de ingertar, que omitimos, refiriéndonos á los métodos que con tanta exactitud como claridad contiene la leccion novena de nuestro apreciabilísimo amigo y maestro, el infatigable y benemérito *Don Antonio Sandalio de Arias.*

512 El capítulo 4.° trata de los criaderos. Sobre cuyo punto dice que, "despues de haber permanecido dos años en el mismo parage, los árboles sembrados tienen necesidad, á la última primavera, de un grande espacio para vegetar, y conviene dirigir su raiz nabosa, de modo que facilite el que vuelva á prender el árbol cuando se haga la plantacion definitiva. Para satisfacer á este doble objeto, se arrancan del semillero las plantas, cuyo ingerto ha prendido bien, y se trasplantan al criadero, que es el parage en que recibirán los últimos cultivos adecuados para trasplantarse de asiento."

513 El capítulo 5.° trata de los plantíos de *asiento*; sobre cuyo punto dice que "fijando la medida de los hoyos á 6 pies de lado sobre dos ó tres de profundidad, no se corre riesgo jamas de hacerlos demasiado grandes ni demasiado profundos, y que solo el gasto es el que debe detener sobre esta materia; porque mientras mas tierra se remueva, mas prosperan las moreras. Se preparan estos hoyos muchos meses antes; y mientras se hagan con mayor anticipacion, la tierra absorve mas los principios fertilizantes esparcidos en la atmósfera."

514 El capítulo 6.° trata del *modo de cuidar las moreras durante los cuatro primeros años de su plantacion*; y dice "desde los tres años cumplidos, se puede principiar á coger la hoja, teniendo el cuidado que indicarémos despues; pero, sin una urgente necesidad, será mas conveniente no quitarles la hoja en el cuarto año, ni en los dos siguientes. El árbol debe presentar la forma de un naranjo, abierto en lo interior y redondeado en lo esterior."

515 El capítulo 7.° trata del *modo de cuidar ó dirigir las moreras ya criadas*; y dice, que "hay paises en que se abandonan á ellas mismas, y en otros muchos se someten á una poda mas ó ménos rigorosa y mas ó ménos frecuente." Y advierte que "estas diferentes prácticas proceden mas bien de la costumbre, que de los principios de una sana agricultura. Tres cosas se deben considerar en el modo de cuidar ó dirigir la morera: 1.° la calidad y la abundancia de la hoja; 2.° la duracion del árbol; y 3.° la seguridad y facilidad de coger la hoja. Todo método, que no se funde en estos principios es perjudicial ó inútil. La poda contribuye sin duda á hacer mas abundante la hoja y mas larga; pero si es intempestiva y está mal ejecutada, el árbol echa hoja ménos sustanciosa y en menor cantidad.

»Despues de coger la hoja, se debe: 1.° descargar el moral de las ramas muertas, y de las que se han dañado al coger la hoja; 2.° quitar las ramas de una vegetacion demasiado débil; 3.° detener

las de una vegetacion demasiado fuerte, ú obligarlas á encurvarse para moderar la savia; 4.° impedir al árbol elevarse y estenderse demasiado; 5.° recortar las ramas que se oponen á la buena formacion de la cabeza del árbol y las que son demasiado colgantes; 6.° volver á su direccion natural las ramas que el cogedor de hojá haya forzado. En algunos paises se añade una práctica abusiva, debida á los efectos de la ignorancia; el propietario deja al cultivador la madera cortada; este último poda lo mas que puede para sacar leña; no ve jamas en el moral sinó el perjuicio de la sombra, que él exagera siempre.

»El moral está sometido como todos los vegetales á la ley de la alternativa; la cual exige, que los vegetales se sustituyan contínuamente los unos á los otros, y cuando su muerte proviene de que él ha agotado el suelo de todos los jugos necesarios á su nutricion, es preciso ó no plantar una nueva morera en el mismo sitio, sinó muchos años despues, ó quitar la totalidad de la tierra y reemplazarla por otra."

516 El capítulo 8.° trata de los *setos ó vallados*; sobre cuyo punto advierte, que "si el cultivador, en vez de plantar espino blanco, ciroleros, olmos &c. formase vallados ó setos de morales en los parages que están al abrigo de los ganados, hallarían en la cosecha de la hoja una recompensa que estas plantas no le pueden dar. Escepto en las tierras áridas ó cenagosas, toda especie de terreno puede ser cerrado con moreras si está espuesto á la accion del sol *. Las hojas de estos setos ó vallados, mas precoces que las de los morales altos, permiten emprender temprano la cria de los gusanos de seda, ellas suministran á estos insectos un alimento muy conveniente en las dos primeras edades; y en el intervalo, tienen tiempo los árboles para desplegar todo su ramage. En fin, es fácil tener siempre hoja seca, poniendo una parte del vallado ó seto al abrigo de la lluvia por medio de un toldo de tela gruesa que se muda de sitio á voluntad."

517 El cap. 9°. trata del *modo de coger la hoja*, y principia de este modo; "el coger la hoja debe hacerse con mucho cuidado, para que el moral sufra lo ménos posible en esta operacion, á la cual la naturaleza no ha destinado ningun árbol. Es esencial, en el modo

* Uno de los medios mas conducentes para fomentar la cria de la seda, sería el plantar todos nuestros caminos de morales, que se deberían poner mas espesos que los árboles ordinarios; y servían al mismo tiempo que de adorno, de frescura, &c. para proporcionar hoja, leña y madera útil en las artes.

de coger las hojas, el despojar de ella enteramente al moral; si se dejan sobre algunas ramas ó tallos, ellas atraen hácia sí los principios nutritivos, mientras que las ramas deshojadas se alimentan imperfectamente. Los morales jóvenes son los primeros á que se debe quitar la hoja, á fin de dejarles mas tiempo para revestirse de hojas nuevas; tanto mas que la hoja de los viejos árboles, mas sustancial y mas fuerte, conviene mejor en las últimas edades de los gusanos. Conviene no empezar á coger la hoja sinó despues que el rocío se haya disipado, y acabarla ántes de ponerse el sol. Para deshojar el árbol, se debe pasar la mano de abajo arriba sobre las ramas; habría mas facilidad en arrancar las hojas en sentido contrario; pero se harían saltar los ojos ó botones."

Aconseja no subirse sobre los morales jóvenes, á cuyo efecto propone la *escala doble*, si no se prefiere su *escala carreton* figurada y descrita mas abajo; la cual se compone de dos partes: la primera es un carreton (fig. 104 lám. 8), cuyos brazos tienen de largo 7 á 8 pies, son rectos, esceden un poco á la rueda hácia adelante y están reunidos por cuatro escalones; los largueros prolongados y cuya longitud es de 6 pies, están atravesados por el cuarto escalon del carreton, con el auxilio del cual un solo hombre puede trasportar muchos sacos de hoja. Desplegado por su mitad, forma una *doble escala*, de la que la separacion de los brazos asegura la solidez; y está representada (fig. 105): conviene entónces á los árboles nuevos, contra los cuales no se deben apoyar jamas las escalas. Desplegada enteramente, como se ve (fig. 106), presenta una escala simple, sólida y ligera, de 12 á 13 pies de largo. «Se debe cuidar de no vaciar la hoja en tierra, principalmente cuando esta tiene lodo ó polvo; y cuando se trasporta, se debe cubrir con ramas de roble ó de otros árboles para defenderla de los rayos del sol. La hoja infestada de una materia viscosa y amielada, es perjudicial á los gusanos; no se coge sinó en la estrema necesidad, y no se hace uso de ella, sinó despues de haberla lavado y secado cuidadosamente. En fin, los cultivadores que no quiten la hoja de sus moreras en un año al cabo de cuatro ó de cinco, tendrán árboles mejor poblados y de mayor duracion."

518 *Investigaciones sobre los medios de reemplazar la hoja del moral por otra sustancia propia para el gusano de seda, y sobre el residuo de los capullos como abono; por Matthieu Bonafous.* Memoria leida en la sociedad Real y central de Agricultura de París, en su sesion de 21 de diciembre de 1825. En la pág. 4 se

pone esta nota. "Habiendo obtenido de 10 libras de hoja una libra de capullos, valiendo 24 sueldos ménos los gastos, un moral que no produjese sinó 75 libras de hoja, daría una renta de nueve pesetas."

En el testo pág. 4 pone: "me permitiré decir que los principios que he desenvuelto son talmente seguros, que pueden ser adoptados en todas las localidades templadas; y que exactamente seguidos, indemnizarán siempre al agricultor de las anticipaciones que ha hecho." Se le insta en dicha Memoria á comunicar las investigaciones que ha principiado, para descubrir un alimento supletorio á la hoja del moral, y termina este trabajo por algunos detalles sobre las diversas maneras de que los Italianos emplean el residuo de los capullos, despues que han retirado de ellos la seda, como uno de los abonos mas activos que se puede suministrar á la tierra.

Pág. 5 »Ya la Sociedad de Fomento que promueve en Francia tantos descubrimientos útiles, había conocido que era necesario investigar una sustancia natural ó compuesta, propia para reemplazar la hoja del moral, á fin de poder criar los gusanos de seda en los paises donde este árbol no puede prosperar, y para ocurrir á los desastres de que los paises meridionales no están exentos, cuando las heladas tardías deterioran bastante las hojas, para impedir emplearla en el alimento de estos insectos. Tal fué el objeto de un premio que dicha Sociedad propuso en 1819, y que retiró del concurso dos años despues, sin haber podido adquirir la solucion de este problema.

»Un concurrente se presentó en 1819; indicó la alfalfa y la patata cocida, estableciendo cálculos para probar la economía de su uso; parecía no apoyarse mas que en analogías........ En 1821 un nuevo competidor anunció, que despues de haber ensayado la hoja del tilo, del plátano, del castaño, del olmo, de la vid, del agracejo, de la frambuesa, de la lechuga, de la patata y de las espinacas, había reconocido que ninguna de ellas podía convenir, y que aunque es cierto que los gusanos de seda comen la lechuga con gusto, no lo es ménos que si se les alimenta con ella esclusivamente durante ocho dias, perecen de disenteria, y que en fin comen tambien la hoja del castaño, pero que es raro entónces que vivan mas de cuatro dias."

519 En el *bulletin* universal de las Ciencias y de la Industria, de *Mr. de Ferussac*, abril de 1822 se lee que Mr. Burgsdorf ha reconocido que el gusano de seda come con tanto apetito la hoja del Acer de Tartaria (*Acer Tartaricum* de L.) como la del moral, y que aun la prefiere. Lo mismo refiere Pallas en los viages que hizo

en 1793 y 1794 á los gobiernos meridionales del imperio de Rusia.

520 "En la sesion del Instituto de Milan de 5 de agosto de 1824 *Mr. Carminati* demostró que las hojas de la zarza comun podían conservar la vida del gusano de seda hasta la segunda muda, pero que no podían hacerle producir el hilo necesario á la formacion del capullo *. En fin, sabemos igualmente que *Mr. d'Aine* leyó en 1789 en una sesion pública de la Sociedad de Tours, una Memoria en que refiere que un sugeto dió las hojas de una especie de diente de leon (*leontodon taraxacum.* L.), que continuó alimentándolos así hasta la cuarta muda, y que entónces le sustituyó la hoja del moral, sin qne esta mudanza de alimento haya impedido á los insectos hilar su seda.»

El autor, despues de comprobar estas noticias, se propuso investigar primero si las hojas que provienen de arbustos ó de plantas de la familia natural de las ortigas á la cual pertenece el *moral*, podían suministrar al gusano hilador un alimento análogo á la hoja del moral, y propia á la produccion de la seda: así, ensayó alimentar sus gusanos con hojas de ortigas, de parietaria, del cáñamo, lúpulo y de la higuera; y dice pág. 9.... «bien pronto la esperiencia, que frecuentemente desconcierta las teorías mejor fundadas, me hizo conocer que ninguna de estas plantas era del gusto de nuestros insectos." Mucho tiempo ántes, habia ensayado la hoja del moral de papel (*broussonetia papyrifera.* W.); y había reconocido que era necesario que los insectos hubiesen llegado á la quinta edad para tener fuerza para comer esta hoja. Una sola planta, cogida á la casualidad (*myagrum sativum.* L.) produjo el que «los gusanos de seda *viviesen durante* 16 *días*, despues de los cuales han muerto, escepto algunos á los que se les hizo comer hoja del moral; ella les dió mas fuerza y puso á muchos en el caso de formar un capullo bastante bueno.

» La análisis de la hoja del moral blanco da: 1.° una materia grasa; 2.° una sustancia resinosa; 3.° goma; 4.° un poco de azucar; 5.° materia estractiva; principios que varían en proporciones, segun las especies, los terrenos, las estaciones y los cuidados del cultivo, á fin de que partiendo de los principios de que se compone, puedan buscar los que presenten estos elementos **. Termina manifestando

* En el Reino de Granada he visto yo en mi niñez que cuando se avivaba el gusano sin haber brotado el moral, le daban la hoja de la zarza con buen suceso: esta circunstancia me obliga á recomendar mucho el exámen de nuestras prácticas; pues me acuerdo haber visto cuando niño cosas importantes en Andalucía, que pasan ahora en el extrangero por descubrimientos.

** Aunque sean poco ventajosos estos resultados siempre es útil conocer las consecuencias que se han podido sacar de las tentativas hechas en diversas épocas, en diferentes paises, y por muchos observadores.

que «las crisálidas de los gusanos, ó el residuo de los capullos, despues de haber estraido la seda, las mezclan con tierra arcillosa formando capas alternativas, añadiendo á esto el agua que ha servido para hilar la seda; algunos meses despues dan este abono á los prados naturales y artificiales...... En otras partes se dejan fermentar en masa en un foso, y sirven mejor para abonar las tierras compactas y húmedas. Hay parages en que mezclan las crisálidas con estiércol y se empléan indistintamente en toda clase de terreno y para todo cultivo. En Toscana se secan las crisálidas, se reducen á polvo ó á pequeños pedazos; les mezclan $\frac{2}{3}$ de ceniza, y las esparcen sobre los campos indistintamente labrados." Advierte que «las plantas que se crien en un terreno abonado así, conservan mal olor.

» Lo mejor es lo que dice *Mr. Giobert* en su tratado clásico sobre los abonos. Depositarlas en un foso, romperlas por un medio cualquiera y derramar agua encima; se forman despues capas alternativas de tierra y de crisálidas; se establece la fermentacion, y cerca de dos meses despues cuando se reconoce que la descomposicion está suficientemente adelantada, se mezclan todas estas sustancias, se esponen al sol, y bien pronto producen muy buen mantillo, que se puede esparcir sin ningun temor en los jardines, en los prados, en los campos, ó al pie de los morales y otros árboles cuya vegetacion es lánguida."

521 *Memoria sobre una cria de gusanos de seda* ó diario de una (Magnanerie) por Mathieu Bonafous. 3.ª ed. 1826. La recapitulacion es como sigue:

Edades del gusano de seda.	Número de dias.	Cantidad de hoja.		Espacio ocupado por el gusano sobre los zarzos.		Notas.
				ancho.	largo.	
		libras	onzas.	pies.	pies.	
Tiempo que han empleado los huevecillos para avivarse en la cámara caliente............	11					La hoja suministrada en las horas intermedias, no está comprendida en esta tabla.
1.ª edad...........	5	13	14	3	15	Se ha obtenido una libra de capullo de nueve libras de hoja.
2.ª	4	43	8	3	27	
3.ª	7	148		3	65	La cantidad de semilla que se puso á avivar era de 3 onzas.»
4.ª	7	422		3	155	
5.ª hasta la subida de los gusanos..........	13	2260		3	345	

522 *De la cria de los gusanos de seda segun el método del Conde Dandolo por Matthieu Bonafous*, distribuida á los cultivadores de los departamentos meridionales por órden del Ministro del Interior *. Tercera edicion............1827. Está dedicada al Doctor *Balbis*, Director del Jardin Botánico de Lion, y Profesor jubilado de la universidad de Turin, á quien yo tuve el honor de tratar en Lion.

Prólogo. «El insecto admirable, que hila la seda, se criaba entre los Chinos, desde la mas remota antigüedad, cuando dos pobres Religiosos, volviendo de las Indias á Constantinopla, trajeron semilla de este insecto en cañas de bambú. Justiniano, que reinaba entónces, fomentó esta industria, que vino á ser la principal riqueza del imperio de Oriente; y que segun advierte *Montesquieu* retardó la caida del trono de Constantino.

»Desde las orillas del Bósforo, los gusanos de seda se esparcen en el Peloponeso, al cual el gran número de morales, que dieron sombra á su territorio, hizo dar el nombre de *Moréa*, que aun conserva. Los moros los introdujeron en España; Rojero, Rey de Sicilia, en Palermo y en la Calabria; en fin, en el décimo quinto siglo, los trajeron á Francia algunos caballeros que habían seguido á Carlos VIII á las guerras de Italia, desde cuyo tiempo vino á ser la fuente de uno de los ramos mas productivos del comercio de Francia; y la seda, que ántes se pagaba á peso de oro, se halla hoy tan esparcida, que una libra de esta materia vale sobre poco mas ó ménos el quinto de lo que vale la de plata.

»Pero en lugar de criar los gusanos de seda por un método fundado en principios, se ha seguido por todas partes una práctica ciega que, trasmitiéndose de siglo en siglo, ha privado á los agricultores de recursos, dirémos aun de tesoros que se hallaban á su alcance. Es verdad que muchos sabios Agrónomos, entre los cuales se

---

* Este método de facilitar la propagacion de las luces, repartiendo gratis los libros que contienen reglas útiles en Agricultura, Economía rural, doméstica y artística, es de suma importancia para promover la riqueza y prosperidad de los Estados; y á la Nacion Española pertenece la gloria de haber dado el primer ejemplo. En efecto, el Cardenal Jimenez de Cisneros eligió á Gabriel Alonso de Herrera para que escribiera el primer *Tratado de Agricultura y Economía rural* en Español; admitió la dedicatoria del Autor; lo imprimió á espensas propias; y repartiendo gratuitamente á los Labradores un gran número de ejemplares, hizo un gran servicio al Estado, presentando á la imitacion de la posteridad un método nuevo, desconocido hasta aquella época, de propagar los conocimientos útiles.

distingue *Olivier de Serres*, el Abate *Sauvages* y el ilustre *Rozier*, trabajaron en el perfeccionamiento de este arte importante de la Agricultura; sin embargo, sus escritos, llenos de miras tan sabias, no contienen resultados que garanticen á los cultivadores un suceso infalible.

»El Conde *Dandolo*, antiguo Administrador general de la Dalmacia, miembro del Instituto de Milan, que nació en Venecia el año de 1758 y murió el 12 de diciembre de 1819 en Varesses, pequeño pueblo de Lombardía, donde hizo sus ensayos estableciendo sus grandes talleres, á que los Italianos por reconocimiento designan bajo el nombre de *Dandoleras*, es el primero que ha promovido los verdaderos progresos de este arte, y que le ha dado una forma regular y sistemática.

»Despues de haber profundizado los diferentes métodos que están en uso actualmente, se ha asegurado de que las malas cosechas de seda provienen únicamente de la cria imperfecta de los gusanos; y este Agrónomo ha sustituido á las prácticas viciosas, aquellas cuyas ventajas le han sido demostradas por una esperiencia razonable.

523 Pág. 7 »La hoja mojada por la lluvia ó el rocío es siempre perniciosa; vale mas que no coman los gusanos en algunas horas, que darles esta hoja, principalmente cuando están débiles ó se aproxima la época de su muda....... cuando las lluvias largas y sin intervalo obligan á coger las hojas mojadas, aconsejamos se sequen del modo siguiente. Se lleva la hoja al depósito; se echa sobre un suelo enladrillado ó sobre un piso cualquiera muy limpio; se la estiende con horquillas de madera ó bieldos; se la echa al aire, se revuelve en todos sentidos con el auxilio del rastrillo y se la traslada sobre otra parte del suelo que esté perfectamente seco, á fin de que toda la humedad que conserva pueda disiparse.

»Cuando hay una gran cantidad de hoja que secar, se la amontona y prensa para que se caliente; despues se estiende, á fin de que el calor que ha adquirido haga evaporar la humedad que resta todavia. Si no hay mas que una pequeña cantidad de hoja, se toma una tela, se ponen encima de ella quince ó veinte libras de hoja: se dobla esta tela longitudinalmente en forma de un gran saco, y dos personas teniendo asidos sus dos estremos hacen remover la hoja, y queda seca en pocos minutos.

»Se puede tambien hacer secar la hoja colocándola al rededor de un gran fuego de paja; se la mueve en todos sentidos y se pone tan seca como si hubiera estado cogida en un dia hermoso. Si la hoja

no estuviese mojada sinó por el rocío, bastaría servirse de una tela como se ha dicho antes.

»Una onza de semilla necesita de 1588¾ libras de hoja limpia; añadiendo los desperdicios y la diminucion de peso que resulta por la evaporacion, se necesitan coger del árbol unas 1888. La hoja limpia ó mondada, que el gusano de seda come, valuada, tomando por unidad el peso de la semilla, de que ha nacido, guarda la siguiente proporcion.

En la primera edad, el gusano de seda come en hoja limpia ciento y doce veces el peso de los huevos ó semilla que se ha hecho avivar. 112
En la 2.ª edad. 336
En la 3.ª edad. 1220
En la 4.ª edad. 3360
En la 5.ª edad. 20296*

»En virtud de esta base, todo el mundo puede hacer, por aproximacion, el cálculo de la hoja que una cantidad determinada de gusanos debe consumir en todo el tiempo de su cria.

»Los grados de calor mas convenientes á la buena cria de los gusanos de seda, y los propios para obtener una buena seda, son los siguientes, indicados por el termómetro de Reaumur. En la 1.ª edad, cerca de 19 grados; en la 2.ª de 18 á 19; en la 3.ª de 17 á 18, en la 4.ª de 16 á 17; en el primer periodo de la 5.ª, que comprende el tiempo que pasa desde el despertamiento hasta que van á hilar, de 16 á 17½, y en el segundo periodo de la misma 5.ª edad, que comprende desde que empiezan á hilar hasta la formacion del capullo y trasformacion en crisálida, de 16½ á 15½.

»Nuestros sentidos, no estando ejercitados para juzgar exactamente de la temperatura, es indispensable el termómetro. Las variaciones repentinas de temperatura, son siempre perjudiciales á los gusanos de seda. Sin embargo, es ménos peligroso que el termómetro des-

---

* Si sumamos todas estas partidas, hallarémos 25324 onzas, que hacen 1583 libras ó 63 arrobas y 8 libras. Segun el prospecto que acompañó al Diario de Madrid de 20 de diciembre de 1831, *Don José García Sanz*, sugeto muy inteligente en la materia, y que proporciona hoja en Madrid á razon de 3 reales arroba, "la hoja que consumen los gusanos de una onza de simiente en los cuarenta dias que comen, es 45 á 50 arrobas." Resulta de aquí una diferencia de unas 13 arrobas de ménos en el consumo de los gusanos en Madrid. Y deseando yo aclarar este punto, conferencié con el espresado *Don José García Sanz*, y me dijo que la hoja de Madrid es de secano, y por este motivo pesa ménos un volúmen dado, y que el cálculo del Autor se verifica exactamente en Murcia, Valencia, &c.

cienda uno ó dos grados, que no el que suba mas de la temperatura indicada. El frio regularmente no es perjudicial á los gusanos, solo retarda su desarrollo, pero le es contrario cuando están dormidos ó quieren estarlo. El calor influye considerablemente sobre la finura de la seda."

524 El capítulo IV trata de la humedad y del *higrómetro*; y principia de este modo: «La humedad es uno de los principales obstáculos que se oponen á la buena cria de los gusanos de seda............ Está demostrado por la esperiencia que, en tanto que la humedad no pase los 65 grados del higrómetro *, no hay nada que temer respecto de los gusanos de seda. Si el higrómetro señala 70 grados, se debe quemar paja ó virutas de carpintero en las chimenéas. La llama, que se levanta, pone en movimiento el aire ambiente, y da á lo interior una ligera agitacion que seca el taller ó sedería. Cuando soplan los vientos del Norte, es raro que los gusanos de seda no prosperen aun entre las personas mas ignorantes. Los accidentes, que perjudican á los gusanos, vienen á ser en la quinta edad, en razon de los vientos del Sur que hacen húmedo el aire; la observacion nos prueba que el aire estremamente húmedo y caliente hace mas daño á los gusanos de seda que el aire viciado."

525 El capítulo V trata del modo de purificar el aire de las sederías ó aposentos en que se crían los gusanos de seda; y dice así. «El aire puro es tanto mas necesario al gusano de seda, cuanto no respirando sinó por sus estigmas, sus órganos de la respiracion se hallan constantemente en contacto con su cama ó lecho; de donde dimanan gases mas ó ménos deletereos ó perniciosos, segun abunde mas ó ménos la humedad. Sucede ordinariamente que la circulacion de un gran volúmen de aire, la limpieza, el esmero, cuidado y vigilancia bastan para conservar la salud á este insecto, y para prevenir el gérmen de las enfermedades; pero estos medios de salubridad vienen á ser algunas veces insuficientes, principalmente en las últimas edades. La Química moderna ha tratado de remediar esto por la aplicacion del cloro (ácido muriático oxigenado) para la purificacion de las sederías; parece superior á todos los otros medios conocidos, tanto á causa de su gran espansibilidad, como en razon de la prontitud de sus efectos, que dependen de una grande afinidad con el hidrógeno, que él roba á todos los cuerpos.

* Esta es una de las muchas razones que tuvimos para insertar la doctrina de este instrumento en los (§§ 202 al 208 de nuestra Mecánica Práctica).

»Este medio no cuesta mucho: consiste en poner en una botella de vidrio grueso siete onzas de sal comun (muriato de sodio), mezcladas con tres onzas sobre poco mas ó ménos de polvos de manganesa (óxido negro de manganeso), que se dilatan en dos onzas de agua comun; se coloca esta botella exactamente tapada, en un parage del aposento léjos de las estufas y chimenéas: se ponen en otra botella menor sobre poco mas ó ménos dos libras de aceite de vitriolo (ácido sulfúrico). Se llena con está última botella un pequeño vaso de ácido sulfúrico; se derrama en la botella grande, y bien pronto se desprende un vapor blanquecino; se paséa esta botella por todo el taller, sedería, ó aposento en que se crian los gusanos: teniéndola levantada, para que el vapor se esparza por todas partes, y á fin de preservarse del peligro que habría en respirarle. Cuando no se percibe vapor, se vuelve á tapar la botella y se coloca donde estaba. Esta dósis puede bastar para purificar el aire de una cámara, taller ó sedería de cuatro onzas de simiente.

»Se debe emplear este remedio siempre que, al entrar en el cuarto, aposento, cámara ó sedería se perciba que el aire no es tan agradable al olfato como de ordinario, y que se note alguna fatiga ó incomodidad en respirarle; pero aun cuando no se observase ninguna diferencia entre el aire esterior y el interior, conviene repetir esta fumigacion dos ó tres veces al dia en la quinta edad de los gusanos.

»Cuando la materia contenida en la botella se haya endurecido, se le añade un poco de agua y se remueve con una varilla. Estas fumigaciones, muy fáciles de hacer, producen en el aposento las ventajas siguientes: 1.ª el vapor, que se desprende, hace desaparecer inmediatamente los olores que había; 2.ª debilita la fermentacion de la cama ó lecho; y parece que origina su desecacion; 3.ª destruye el efecto de todos los miasmas y de todas las sustancias perjudiciales á la salud de los gusanos de seda; 4.ª influye sobre la buena calidad de los capullos.

»Se podría igualmente seguir el procedimiento que dice *Mr. Chaptal*, y que hemos ensayado nosotros mismos con buen éxito, para remediar los perjuicios de la humedad y de las exhalaciones animales que vician el aire; y es colocar en barreños un poco levantados del suelo algunas piedras de cal que no tardan en dividirse, y deshacerse, absorviendo la humedad y el ácido carbónico. Cuando se queman sustancias vegetales en la sedería cerrada, no solo su combustion consume una parte del aire vital, sinó que produce

aun otros gases perjudiciales á la vida; cuando se derrama vinagre sobre cuerpos encandecidos, se produce aun el segundo de estos dos efectos; estas dos operaciones no deben pues practicarse en las sederías. El mejor perfume es la limpieza llevada al mas alto grado de escrupulosidad. El humo es siempre pernicioso, puede causar en un solo instante la sofocacion de los gusanos de seda, principalmente si existe humedad en lo interior de la sedería."

526 El cap. VI trata *de los efectos de la luz*, y dice: «Es un error popular creer que la luz no vivifica al gusano de seda como hace con todos los demas vivientes; la naturaleza misma nos enseña que esta especie de oruga se halla organizada para vivir á la luz, pues que está destinada á vivir al aire libre; la luz no incomoda al gusano de seda, sinó cuando ha llegado al estado de falena. Las hojas mismas del moral en un aposento bien iluminado, desprenden aire vital muy puro, mientras que, en la oscuridad, hacen ménos propio para la respiracion el aire con que se hallan en contacto. Al riesgo de la oscuridad, debe añadirse el que causan las luces, de que se hace uso, principalmente si se emplean aceites abundantes en olor y humo *. La sedería debe estar bien clara durante el dia por medio de ventanas proporcionadas á su estension, y guarnecidas con marcos cubiertos de papel, tela ó vidrio, y postigos en lo interior, que puedan cerrarse para impedir el que los rayos de luz choquen directamente á los gusanos, y para que la temperatura interior no se eleve mas de lo necesario. Cada uno puede alumbrar su sedería como juzgue mas conveniente; solo aconsejarémos las pequeñas lámparas de corriente de aire, llamadas *d'Argand* como muy adecuadas para este objeto. Es difícil imaginarse cuan feliz influencia ejerce la gran cantidad de luz que se desprende de la combustion de los cuerpos secos y ligeros, sobre la salud y crecimiento de estos insectos. El calor del fuego sin llama ó con una llama lenta no produce jamas tanto efecto **.

527 El cap. VII *trata del espacio que ocupan los gusanos en sus diferentes edades*; y principia de este modo: «Hasta la 1.ª

---

* Esto confirma la necesidad, utilidad é importancia de mejorar la fabricacion de nuestros aceites, y de cuanto hemos dado á conocer en la seccion tercera de este mismo capítulo.

** En los paises tan favorecidos por la naturaleza, como es el de España, me parece se debería ensayar si el tallo del espliego que da una llama rápida y hermosa sin humo, sería lo mas conducente para quitar el esceso de humedad, y proporcionar luz y calor al mismo tiempo.

muda, los gusanos de seda que provienen de una onza de semilla, ocupan un espacio cuadrado de 9 pies y 6 pulgadas; hasta la 2.ª de 19; hasta la 3.ª de 46; hasta la 4.ª de 109; hasta su mayor desarrollo en la 5.ª edad 239. Estos espacios bastan y concilian al mismo tiempo una buena cria con la economía de la hoja."

528 El cap. VIII *trata de los utensilios que convienen á la cria de los gusanos de seda*; el cap. IX *de las medidas preliminares para su nacimiento*; el X, *de las sederías ó aposentos destinados á la cria de los gusanos de seda*; el XI, *de su cria en las cuatro primeras edades*; el XII, *de la cria en la 5.ª edad*; el XIII, *de la 6.ª y 7.ª edad* *, *y de los medios de obtener una buena semilla.* Sobre cuyos puntos no podemos entrar en ningunos detalles, por pertenecer mas bien á un tratado especial sobre esta importante materia; pero lo que no puedo dejar de indicar es que en la pág. 62 previene que *no se deben tirar al suelo las bojas, esto es, el ramaje en que están los capullos, sinó darlas con cuidado de unos á otros*; porque he visto en mi niñez que desde lo alto de los zarzos las desembojaderas ó mugeres que desembojan tiraban al suelo las espresadas bojas, lo que originaba un número considerable de gusanos despachurrados y capullos aplastados. Tambien dice ser un error vulgar el creer que, pasado un cierto número de dias, los capullos aumentan de peso; la esperiencia nos asegura de lo contrario; en diez dias los capullos pierden el seis y medio por ciento de su peso."

529 El cap. XIV trata *de los gusanos de seda de tres mudas y de los capullos blancos*. Sobre cuyo punto advierte que su semilla pesa un onzavo ménos que la de los gusanos comunes; y que los gusanos que provienen de ella y sus capullos son dos quintos mas pequeños. Y acerca de los gusanos que dan los capullos blancos, dice "no difieren en nada de los otros bajo el aspecto del alimento y régimen. Sería útil la multiplicacion de esta raza á las manufacturas; pues que la seda no tendría necesidad de recibir preparaciones para someterla á la tintura; y por otra parte hay tejidos cuya fabricacion exige un color blanco tan puro, que no se puede obtener sinó de una seda naturalmente blanca; pero las crias comparativas, hechas recientemente, autorizan á creer que dan á los cultivadores una renta inferior á la de los gusanos de seda ordinarios **.

---

* Llama sexta edad al tiempo que media desde la formacion del capullo hasta convertirse en palomilla, que principia la séptima edad, último período de su existencia.

** Esto no se conforma con los resultados que ha tenido la natura-

530 *Informe sobre las calidades de las sedas sacadas de los capullos recogidos cerca de Moulins, Departamento de l'Allier,* * por *Mr. Gensoul*, impreso en Lion en 1825. Pág. 12. "Las personas, que no son de nuestra opinion, ni de la del Autor de la carta que acabo de comunicar, dicen que la esperiencia de tres siglos ha probado que la seda producida por gusanos criados con hojas de morales cultivados en los paises sobre el 46° grado, es decir, frios y húmedos, era poco adecuada para suministrar buenas telas: el trabajo hecho por vuestra comision demuestra lo contrario; lo que nos conduce á creer que esta pretendida inferioridad de las sedas de la parte septentrional de Francia, solo provenía del poco cuidado en los propietarios, que hacían hilar en su casa los capullos sin tener todos los aparatos y utensilios necesarios. Tambien está reconocido que en todos los paises donde no existen sinó pequeñas hilanderías, las sedas son generalmente irregulares y de calidad inferior; pero desde que se han formado grandes establecimientos donde se emplean nuevos medios para calentar el agua de las perolas ó calderas, nuestras sedas han sido elevadas á un grado de perfeccion que iguala y escede aun en muchos paises, á las mas bellas sedas del Piamonte.

Pág. 14 »Esperemos que ilustrados hoy por la esperiencia, que prueba que las cosechas son mas ciertas en los paises montuosos y

---

rizacion del gusano de seda blanca, procedente de la China, hechos en el Real Jardin Botánico de Madrid por el Profesor *Don Antonio Sandalio de Arias*; de los cuales resultó que la seda blanca ha dado tanto ó mas producto que la mejor casta valenciana (V. el Mercurio de España junio de 1824). El resultado del Señor Arias va conforme tambien con los obtenidos en las nuevas poblaciones de Sierra Morena por los ensayos hechos con el mismo objeto de aclimatar la seda de la China, que ha promovido el infatigable y celoso Intendente de dicha provincia el Señor Don Pedro Polo de Alcocer, residente en la Carolina. Estos resultados salieron tan ventajosos, que habiendo remitido el espresado Señor Intendente á la esposicion pública de la industria dos madejas, una de la seda de la China, y otra de seda indígena, mereció una Real Carta de aprecio. En un escrito de este sugeto, que he tenido la satisfaccion de ver, aparece que la seda de la Carolina es mas fina que la de Valencia y Murcia; en términos que su valor en venta es de quince rs. mas en libra. Esto, en sentir de la citada persona, proviene de que en general, la superioridad de la seda no consiste en otra cosa que en el alimento del gusano; en Murcia y aun en Valencia nunca se podan ó talan las moreras, cuando en la Carolina se verifica esta operacion trienalmente. Y la infinidad de varetas que se crían sumamente largas, arrojan tanta y tan exquisita hoja, que los gusanos la devoran con ansia, principalmente despues de sus dormidas; lo cual produce una cosecha mas segura y fina que en aquellos paises donde la hoja no solo es mezquina, sinó dura.

* La latitud de dicho parage viene á ser de unos cuarenta y seis grados y medio norte.

aun frios que en los llanos del mediodia, se verá adelantar hácia el Norte el cultivo del moral, sea en árboles de gran copa, sea en árboles enanos...... Dirémos solamente que es mas provechoso á los cultivadores hacer plantaciones ménos numerosas, pero bien conservadas, que hacerlas demasiado considerables, que no se pudiesen cuidar segun pide la naturaleza de este árbol...... y nuestras riquezas territoriales aumentarían considerablemente si el cultivo del moral y la cria de los gusanos de seda se estendiesen en los Departamentos donde no se conoce esta industria. Las ventajas que de esto resultarían se deberían al celo de la Sociedad de Agricultura de Moulins, que se ha apresurado á seguir vuestros esfuerzos en una circunstancia tanto mas importante cuanto se trataba de destruir la preocupacion sostenida por Sabios recomendables, de que mas al Norte de Lion, la cria de los gusanos de seda no podría producir sinó tejidos imperfectos."

531 *Informe presentado* á la Sociedad *de Agricultura del Departamento del Ródano, sobre los establecimientos formados por Mr. Poidebar en S.t Alban.* Lion 1823. Principia de este modo. "La Agricultura y la Industria, de donde nace la prosperidad de los Estados, están unidas por vínculos indisolubles; en vano se ha querido considerarlas, mas de una vez, como rivales; nadie ignora hoy que los progresos de la Agricultura han preparado los de la Industria y Comercio. Hace unos 50 años que el Gobierno distribuyó en el Vivarais y el Languedoc semilla de gusano de seda blanca, que había hecho venir de la China. Los agricultores ilustrados de Bourg-Argental, de los Cevennes y de Roquemaure fueron sobre poco mas ó ménos los solos que triunfaron de las primeras dificultades...... Conoceis, Señores, el aparato tan perfecto de *Mr. Gensoul*, y sin embargo, creemos deber presentaros una descripcion rápida y poco detallada. Distribuir un calórico suficiente á un número indeterminado de perolas ó calderas con el auxilio de un solo fogon ú hogar; regularizar el trabajo de las hilanderas; calentar fácilmente y con rapidez el agua de las calderas hasta la temperatura que se quiera; conservar á esta agua toda su pureza; en fin, aumentar la cantidad de los productos hilados; tal era el objeto que *Mr. Gensoul* se había propuesto; tales son las ventajas que presenta su aparato. Este consiste en una caldera provista de un vapómetro y de una válvula de seguridad; está colocada sobre un horno alimentado por carbon de piedra; el vapor desprendido se traslada á un gran conductor que atraviesa horizontalmente el taller ó hilandería en toda su lon-

gitud, y se halla á unos 10 pies sobre el suelo; de este conductor general parten, de distancia en distancia, conductos laterales, que descienden hácia las perolas ó calderas, y que, ántes de llegar á ellas, se ahorquillan, de modo que calientan dos á un mismo tiempo: estos conductos guarnecidos de una llave ó grifon, á poca distancia de su estremo, se terminan por un tubo que se sumerge en la perola ó caldera, y que, atravesado de un gran número de pequeños agujeros, deja escapar el vapor. Las llaves, mas ó ménos abiertas, sirven á las hilanderas para activar ó disminuir el calor. El vapor, llegando al agua fria, la calienta en pocos minutos, y hace oir un silbido particular, que cesa completamente cuando el agua ha llegado á la temperatura de 60 grados; entre 65 y 70 grados, temperatura conveniente para hilar, el agua sufre una especie de temblor ó estremecimiento bastante sensible que viene á ser una viva ebullicion á 75 grados *, calor necesario para ablandar los capullos. Todos estos fenómenos, bien conocidos, pueden servir, y sirven en efecto de termómetro á las hilanderas: estas no estando ocupadas en mantener el fuego, como en el antiguo procedimiento, se pueden entregar constantemente al hilado; en fin, el vapor, condensándose en las perolas ó calderas, renueva sin cesar el agua con otra de una estrema pureza, pues que es destilada. Tambien los productos obtenidos con el aparato de *Mr. Gensoul* presentan una superioridad sensible sobre los del antiguo procedimiento **. La Comision comparó dos madejas hiladas por los dos precedimientos, y dió la preferencia á la hilada al vapor; comparó tambien estas dos madejas con la seda de la China de primera calidad; y la muy gran superioridad de la seda indígena arrebató la atencion de todos.

Mr. Poidebar ha hecho conocer á nuestros comisionados las ventajas que ha sacado este año del aparato Gensoul. Él ha estado com- »pletamente satisfecho (yo me sirvo de sus espresiones); ha encontra- »do comparativamente con el antiguo método una economía de los »tres cuartos del combustible; mayor cantidad de obra resultante »del trabajo de las hilanderas, que se puede valuar en una déci- «ma parte; en fin, mas perfeccion y brillo en la calidad de los pro- »ductos." La esperiencia de *Mr. Poidebar* no está sin duda des-

* Aunque no se espresa el termómetro á que se refieren estos grados, por el contesto se deduce que es al de Reaumur.

** El aparato de *Mr. Gensoul* que aquí se describe ha sufrido algunas modificaciones. El que se usa en el dia, se halla representado por la (fig. 107) que *Mr. Gensoul* me regaló al conferenciar en Lion sobre este particular. Se representan en grande las partes mas esenciales.

tinada á establecer la reputacion del aparato de *Mr. Gensoul*, conocido hace 20 años, y justamente apreciado por todos los que le han adoptado; pero la aplicacion de este procedimiento al hilado de las sedas blancas, le ha hecho reconocer una nueva propiedad, que es la de conservar todo su brillo."

La Comision visitó tambien los obradores destinados en casa de *Mr. Poidebar* á la torcedura ó torcido de las sedas. Este constaba en su totalidad de 2880 husos ó canillas; y dice: "todo se ponía en movimiento por una gran rueda de 20 pies de diámetro y de 4 y $\frac{1}{2}$ pies de ancho, colocada verticalmente; y en la cual marchan dos caballos de pequeña talla. Esta máquina, que recuerda la infancia del arte, no es digna del resto del establecimiento."

Esto nos confirma la necesidad que hay en todas partes de mejorar y aprovechar la potencia mecánica del agua en beneficio de la industria.

532 *Memoria sobre los medios de perfeccionar el hilado de las sedas, seguido de la descripcion de un nuevo mecanismo adaptado al torno de hilar, y del acta del esperimento que se ha hecho por la Academia de Nismes, presentado al Gobierno por Mr. Fernando Gensoul, negociante en Lion* año de 1803. Pone el siguiente epígrafe. "El comercio conduce poco á poco la industria al punto de perfeccion de que es susceptible; pero su marcha es tan lenta como cierta. Son necesarios los estímulos por parte del Estado para acelerarla: los cuales son como la fuerza de los remos aplicada á un batel que sigue lentamente el curso tranquilo de un rio.

Pág. 9. »No hay arte, cuya perfeccion no dependa de ciertas operaciones preliminares que influyen sobre las subsiguientes, del mismo modo que la causa influye sobre el efecto; para dar á las manufacturas de seda toda la perfeccion que pueden adquirir, el reformador debe atender ménos á los talleres de segunda fabricacion, que aquellos en que la materia pierde, en las manos del obrero su estado natural. Una seda hermosa es la que puede producir un tejido perfecto: la que está mal hilada * no puede perder, bajo la ma-

* Ademas de todas las razones que aquí se espresan, hay una circunstancia física, por la cual resulta que del mal hilado de la seda, proviene no solo la desigualdad de la hebra y la borra de las telas, sinó el color sucio ó empañado que reciben. Para concebir esto, debemos observar que la Óptica enseña que la sensacion que percibimos de los colores, depende de la reflexion de la luz; y como la luz se

no del artesano mas hábil, los vicios de su hilado; esta primera operacion llama pues toda la atencion del Gobierno, pues que de ella es de la que depende toda la perfeccion, de que el ramo de seda es susceptible. Yo voy á examinar los defectos de este primer trabajo, y á hacer conocer los medios de corregirlos.

»Desde que los capullos están formados, es decir, cuando el gusano que está encerrado en él, ha venido á ser crisálida, se emplean diversos medios para hacerlos morir. En las campiñas y en la mayor parte de los pueblos se llenan con capullos, grandes banastas, que se ponen en un horno, una hora despues que de él se ha sacado el pan; donde permanecen hora y media. Este procedimiento presenta grandes inconvenientes; si el calor no es bastante fuerte, no muere el gusano; si es demasiado, la hebra del capullo se altera: y en estas dos hipótesis, se perjudica á la cantidad ó á la calidad del producto. Yo he empleado el sofocar ó ahogar el gusano por el vapor, y constantemente me ha salido bien. Este medio, que no es costoso, está en uso en las montañas del Vivarais y del Delfinado. Es necesario tener para este efecto un horno sobre el cual hay una caldera atravesada interiormente por una cruz de fierro, sobre la cual se pone el tamiz lleno de los capullos, cuyos gusanos se quieren sofocar ó ahogar. El todo se cierra herméticamente por una cobertera de madera rehenchida por las orillas. Se coloca el tamiz cuando el agua, que llena la caldera á los dos tercios, está en su mas alto grado de ebullicion; y siete ú ocho minutos bastan para que los gusanos estén sofocados por efecto del vapor. No se tiene que temer que el gusano se altere por haber permanecido allí mas largo tiempo. Una vez los hilanderos olvidaron por la tarde, en la caldera, un tamiz lleno de capullos; no lo notaron hasta el dia siguiente; se hilaron aparte, y la seda que produjeron era hermosa y buena; solo noté que tenía ménos brillo.

»Despues de esta operacion, se debe uno ocupar de la separacion de los capullos, á que llaman apartado. Los hilanderos mal instruidos, y es el mayor número, con la esperanza de obtener una mayor cantidad de seda, separan imperfectamente los capullos, eligen sin mucha atencion los mas puercos llamados (chiques), y hacen echar mezclados, en la caldera de hilar los buenos, los débiles y los suaves ó lustrosos. De esta mezcla resulta que las hebras ó hilos de los

refleja formando (§ 516 II C) el ángulo de reflexion igual al de incidencia, resulta que siendo desigual la superficie del cuerpo reflectante, la sensacion del color no puede ser uniforme.

buenos capullos estando unidas por una mayor cantidad de goma que los débiles ó lisos y suaves, el agua está demasiado fria para los buenos, y demasiado caliente para los débiles, El agua que no tiene el grado de calor suficiente para la disolucion, produce una seda cuyo brin, ó hilo está cargado de las partes mucilaginosas de la goma, lo cual origina el que se rompa á cada instante; si está demasiado caliente, despues de haber obrado sobre la goma, ataca el nervio de la hebra y hace la seda quebradiza y estoposa.

»Se ve, pues, que el defecto del apartado perjudica á la calidad, y á la cantidad...... se deben separar los capullos de diferente pais; porque las diversas calidades del territorio influyen sobre las de la seda, tanto en razon de la finura del tejido, como de la naturaleza de la goma. Se deben remover los capullos lo ménos un dia sí y otro no; y mudarlos de lugar dos ó tres veces mientras dura el hilado. El agua para hilar los buenos capullos debe estar á 75 grados sobre poco mas ó ménos, del termómetro de Reaumur. Lo cual se conoce en una especie de espuma que cubre la superficie del agua en las inmediaciones de la ebullicion. El calor para los suaves y lustrosos debe ser de 65 á 70 grados. La esperiencia demuestra que esta última calidad produce una seda tan hermosa como la de los buenos capullos, cuando se ha hilado al grado de calor que le es propio....... debe haber en la perola, el menor número posible de capullos.

»La esperiencia me ha convencido de que era ventajoso colocar los capullos en un parage húmedo 24 horas ántes de hilarlos..... Las aguas de rio son, en general, las mas propias para el hilado. En los paises donde no las hay, se pueden suplir por el uso de los depósitos, esponiendo las aguas al sol al ménos 24 horas ántes, las espuestas al sol hacían dar á los capullos 3 por 100 mas.

Pág. 21 »En fin, para no despreciar nada de lo que puede perfeccionar el arte de hilar, debo observar que la renovacion del agua de las perolas debe hacerse, en todos tiempos, cuatro veces al dia para las sedas finas, y dos para las gruesas, dejando en la perola una cierta cantidad del agua que contiene, para mezclarla con agua nueva, porque la 1.ª prepara á la 2.ª para una buena disolucion."

533 *Instruccion detallada sobre el modo de servirse del aparato de vapor para hilar los capullos, inventado por Mr. Gensoul.* Lion 1810. No siéndonos posible descender á todos estos pormenores, mas propios de tratados especiales, debemos sin embargo indicar aquellos puntos que son mas generales. Tal es la nota de la pág. 12 que dice así: "La hilandera pudiendo á voluntad arre-

glar el calor de las perolas, y los capullos empapándose contínuamente en una agua que tiene el grado de calor mas adecuado á la disolucion de su goma, resulta: 1.° Que la hebra, brin, ó hilo se desprende de ellos con mas facilidad, no se rompe tantas veces, y hace ménos considerable la merma ó desperdicio que proviene de la frecuencia con que la hilandera se ve precisada á batirlos, para reunir sus estremos ó cabos. 2.° Que la renta de las sedas, suministradas por los capullos, aumenta mas del 5 por 100, aunque sean de una naturaleza mas ligera, ó de un menor peso específico, siendo el producto mas vontajoso á la tintura. Es necesario atribuir estos diversos beneficios á la calidad que adquiere el agua por la condensacion del vapor en las perolas. Por lo demas, todos estos resultados están confirmados por los esperimentos hechos en grande, desde aquella época, en los establecimientos de hilar mas considerables de la Francia y del Piamonte." Añade luego en el texto: "Creo tambien deber recomendar el no permitir jamas á la hilandera arreglar el grado de calor de su perola con agua fria; porque es fácil de concebir, que en el instante en que la echa, la goma de los capullos que estaba en disolucion, se encuentra fuertemente condensada por esta transicion de una temperatura á otra; su hebra, ó cabo no se devana ni se desprende sinó con rompimiento, lo que le hace quebrarse mas frecuentemente y cubre la seda de pequeñas borras."

Pone por nota el dictámen del Jurado de 1806 que es el siguiente: «El aparato que *Mr. Gensoul* ha imaginado para calentar por medio del vapor, el agua de las perolas, en que se ponen á hilar los capullos, presenta tres grandes ventajas: 1.ª hay una economía considerable de combustible; 2.ª es fácil de arreglar la temperatura del modo mas favorable, para conservar la fuerza y las otras cualidades de la seda; 3.ª la seda que resulta por este aparato, es estremamente pura, y no tiene aquel viso empañado ó sin lustre que se percibe casi siempre en las sedas sacadas por el procedimiento ordinario; lo cual se reconoce aun despues del tinte, principalmente en los matices delicados."

534 *Algunas palabras en respuesta á la Memoria del Caballero Aldini sobre los medios de calentar el agua para el hilado de las sedas. Por Ferd. Gensoul.* En Lion 1819. Principia así: «tal es la suerte de todos los nuevos decubrimientos, que al principio violentamente combatidos, se reciben despues con un entusiasmo que enmascara sus defectos.

» Aunque, segun confiesan los Sabios informantes de la Academia

de Ciencias de Turin, mi aparato reuniese á una gran sencillez una perfeccion estraordinaria en los primeros ensayos de los nuevos inventos, sin embargo, ha corrido sobre poco mas ó ménos todos sus periodos. Desechado, despues acogido con entusiasmo, ha padecido algunas modificaciones por los consejos ilustrados de los miembros de la Academia de Turin; y despues yo lo he simplificado de tal modo, y hecho un número tan considerable de ensayos, que me parece poder asegurar que toda mudanza no puede recaer sinó sobre objetos de detalle, y jamas sobre el conjunto de la máquina........ el 20 de noviembre de 1813, el Caballero *Aldini* leyó en el Instituto de Milan una Memoria intitulada *Investigaciones esperimentales sobre la aplicacion esterior del vapor para calentar el agua en el hilado de la seda*, que remitió al Ministro del Interior. La reputacion que el Autor se había ya adquirido por otros trabajos, siendo un título á la recomendacion de su obra, yo creo indispensable refutar todos sus asertos sin esperar los resultados siempre demasiado lentos de la esperiencia. Para proceder con fruto en la investigacion de la verdad, apoyaré los hechos que indica la teoría sobre los aprobados por la esperiencia."

535 Pasemos ahora á tratar de los aparatos para tejer las telas de seda. Estos son comunes con pequeñas variaciones á los de la lana, lienzo &c. y pueden efectuarse todos por la potencia mecánica del agua; y yo vi en Lion cuatro telares mecánicos para el tejido de las sedas. El aparato, de que se hace uso para el tejido de las telas bordadas ó dibujadas, de las cintas, &c. es un procedimiento sumamente interesante, que consiste en la aplicacion mas ingeniosa que se puede concebir del sistema de coordenadas, que se esplica en la aplicacion del Álgebra á la Geometría, ó sea de la Geometría Analítica. Se reduce á que cada dibujo de una tela labrada, de una cinta, &c. no es mas que un sistema de cartones con determinados agujeros. Estos cartones giran sobre un liston de madera cuadrado, cuyo lado es igual al ancho del carton; por donde hay un agujero, se introduce la punta de un alambre; y al bajar una cárcola, suben únicamente los hilos, cuyos alambres entran en los cartones; se pasa la lanzadera, que ya es volante; se baja la otra cárcola y se aprieta con el peine. Se repite esta operacion hasta que se concluyen todos los cartones que componen la parte que se repite en el tejido. En términos, que estos cartones reemplazan con muchísimas ventajas lo que en nuestros telares de seda se llaman *aviadura* alta y *aviadura* baja, ó *lizos altos y bajos*.

536 Ignoro el estado en que se hallan actualmente nuestras manufacturas de sedas en las Provincias meridionales; pero las noticias que tengo son las mas lamentables; y me consta que en vez de mejorar los procedimientos mecánicos, se van deteriorando los antiguos, en términos, que se halla casi de todo punto perdido este ramo en las Andalacías, Valencia, Murcia, Toledo y Talavera. Las noticias mas recientes, que he tenido de la fábrica de esta última ciudad, son que para mover los mecanismos no hacen uso de una rueda hidráulica que ántes existía, sinó de caballerías; lo cual comprueba la necesidad de saber aprovechar bien la potencia mecánica del agua. En cuanto á las fábricas de cintas, que hay en Madrid, no puedo ménos de hacer mencion honorífica de la habilidad y destreza de los operarios, y de los buenos deséos de los dueños ó Directores; pero es desconocido absolutamente el sistema de los cartones para los dibujos y las demas cincunstancias que hemos dicho (535) están puestas en ejercicio en las fábricas de St. Etienne.

537 Por las noticias que tengo adquiridas en Lion, Orange, Ile, Avignon, Roquemaure, St. Etienne, y St. Chamon, y la comparacion con otros trabajos industriales, he deducido aproximadamente la cantidad de agua que como potencia motriz se necesita para las diferentes elaboraciones de las sedas que con tienen los números 30, 31, 32, 33 y 34 de la tabla del (§ 381); y para investigar ahora la cantidad de agua que como potencia motriz se necesita para elaborar toda la seda que produce la España, observarémos que por el Estado general mencionado (409), resulta que la produccion de seda en España es 1∂471∂917 libras; y como para hilar una libra se necesitan en virtud del n.° 30 de la espresada tabla, 5887 pies cúbicos de agua, que bajen de un pie de altura; para torcer despues una libra se necesitan 1962; y para elaborarla en cordones, que es la que mas potencia motriz requiere, se necesitan 981 pies cúbicos de agua, resulta que si sumamos estas tres partidas, la suma 8830 nos espresará los pies cúbicos de agua que se necesitan como potencia motriz para elaborar una libra de seda en la forma que mas potencia exige; y suponiendo para calcular siempre del modo ménos ventajoso, que toda la produccion de seda de España, se elaborase en cordones, trenzas, &c. que, repetimos lo hacemos así para que nuestras deducciones no se consideren como exageradas, se necesita para elaborar toda la produccion de seda española una cantidad de fuerza motriz equivalente á la que producirían, cayendo de un pie de altura, un número de

pies cúbicos de agua, espresado por el producto de 1,471,917 por 8830, que es 12,997,027,110 pies cúbicos de agua; valor que es mas de *ochocientas veinte mil* veces menor que la cantidad de agua que por el (§ 48) del libro primero, resulta sin uso alguno en España y disponible en beneficio de los diferentes ramos de industria.

538 Recapitulando cuanto hemos espuesto en estas cinco secciones, resulta, que, en virtud de lo manifestado (409), para ejecutar todas las operaciones indispensables á fin de convertir en harina todo el trigo que produce España, se necesita una fuerza motriz equivalente á la que producirían, cayendo de un pie español de altura. . . , ... 3,107,087,172,288 p.s c.s de agua.

Para convertir en aceite toda la produccion de aceituna de España, se necesitan (429) . . . . 79,071,148,676 idem.

Para convertir en vino toda la produccion de uva de España, se necesitan (433). . . 104,197,209,312 idem.

Para dar todas las preparaciones convenientes á la produccion total de lana en España, hasta convertirla en paños, merinos &c. se necesitan (491). . . . . 1,629,375,519,575 idem.

Para dar á toda la produccion de seda de España, cuantas elaboraciones son convenientes hasta convertirla en telas de raso, tafetan, sarga, trenzas, cordones &c. se necesitan (537) lo mas.... 12,997,027,110 idem.

Si sumamos estas cinco cantidades, resulta que para elaborar y manufacturar las cinco principales producciones de España, se necesita una fuerza motriz equivalente á la que producirían cayendo de un pie de altura.... 4,932,728,076,961 p.s c.s de agua.

Y como por el (§ 48) del Libro primero, la potencia mecánica del agua, que corre por el territorio Español *sin uso alguno disponible* para establecimientos industriales, equivale á la de 10'658""035'481"625'000 pies cúbicos, que bajen de un pie de altura; resulta que si dividimos esta cantidad por los 4""932'728"076'961 *pies cúbicos de agua*, que espresa la suma de la fuerza motriz que se necesita para elaborar todo el trigo, aceituna, uva, lana, y seda que produce la España, obtendrémos por cociente 2161; lo cual nos quiere decir, que con la *potencia motriz que puede suministrar el agua que corre actualmente por el territorio español sin uso alguno y que es disponible en beneficio de la industria, hay para elaborar, no solo todo el trigo, aceite, vino, lana, y seda de la España, sinó aunque se haga la produccion de todos estos ramos dos mil ciento sesenta y una veces mayor.*

¡Tal es la estraordinaria masa de riquezas, y recursos que para disfrutarlas, encierra nuestro propio suelo! Esto solo basta para engrandecer las idéas de todo buen Español, ensanchar su espíritu, y convencerle de que *las verdaderas Indias están dentro de su mismo recinto.* Por todo lo cual no he omitido estudio, ni trabajo, ni medio alguno, que haya estado á mis alcances, para indicar los caminos que pueden conducir á esta benemérita Nacion al mas alto grado de prosperidad.

FIN DEL TOMO SEGUNDO.

INDICE

de las materias contenidas en este segundo tomo.

LIBRO QUINTO.

SEGUNDA LISTA DE SEÑORES SUSCRIPTORES.

EN MADRID.

D. Juan José Ballesteros.
D. Francisco Gadeo y Subiza, Veinticuatro del Excelentísimo Ayuntamiento de la ciudad de Granada.
D. Antonio Gasso y Calafell.
D. Pedro Ferrer.
D. Juan Pescador.
D. Juan José Alzaga.
D. Pedro Zubiaga.
D. Manuel Peralta, Teniente de Ing.s
D. Pedro Nolasco de Ventura.
Excma. Sra. Marquesa de Monsalud.
D. Francisco García.
D. Agustin de Hore.
D. José Francisco de Aizquibel.
D. Juan Moran Labandera.
D. Domingo Laguna.
D. Fernando García San Pedro.
D. Felipe Colmenares.
D. Carlos Castro.
D. Joaquin del Rio.
D. Felix Gomez Santa María.
D. Ramon Fernandez.
D. José Antonio de Ogea.
D. Nicolas Aparicio.
D. Juan Manuel Ballesteros.
D. Antonio Cano Manuel.
El Archivo del Excmo. Ayuntamiento de Madrid.
D. Ambrosio Yaniz y Asensio.
El Excmo. Sr. D. Pascual Vallejo.
D. Juan Bautista de Torres.
Excmo. Sr. Duque de Villahermosa.
D. Tomas Camprobin.
D. Miguel Ortiz.
D. Antonio Prat.
D. José García Malo.
Excmo. Sr. Marques de Pontejos.
D. Ramon de los Rios.
D. José Sainz de la Lastra.
Sres. D. Casimiro Herran é hijos.
D. José María Acostad.
D. Manuel Mustich.
D. Pascual Ezpuche.
D. Ciriaco Muller, Teniente de navío de la Real Armada y Director de las obras hidráulicas de Rivadesella.
D. Juan Bautista Lafora.
D. Juan Antonio Balanzategui.
D. Pedro Santaló y Mañalick.
D. Pablo García Llano.
Doña Luisa Ward de Alvear.
El P. José Calasanz Lopez, Sacerdote de las Escuelas Pias.
El Real Colegio general Militar de Segovia.
El P. Jacinto Feliu, Sacerdote de las Escuelas Pias, Profesor de Matemáticas del dicho Colegio Militar de Segovia.
El Teniente Coronel D. Antonio Bandaran, Capitan del Real Cuerpo de Ingenieros.
D. Antonio de la Iglesia, Comandante de Ingenieros y Profesor de Fortificacion del Real Colegio Militar de Segovia.

EN ALICANTE.

D. Ignacio Perez de Sarrió.

EN BADAJOZ.

D. José Utrera, Presbítero.
D. Mariano Martinez, de Mérida.

EN BARCELONA.

El Excmo. Sr. Marques de Paredes.
D. Miguel Padro.
D. Jaime Padro.
D. N. Pugi.
D. José Marimon de Asprer.
D. Fernando Camino Lérida.
D. Vicente Castillon, Tesorero de la Catedral.
D. Tomas Ordex Olot.
D. Domingo Carles y Sellart.
D. Pedro Renom.
D. Ramon Miguel.
D. Juan Soler y Mestres, Arquitecto.
D. Antonio Blanch, Maestro de obras.
D. Francisco Balles.
D. Francisco Oller.
D. José Carreras.
D. Pelayo Correa.
D. José Nolla.
D. J. C. A.
D. José Antonio Conques.
D. Ramon Sales.

D. José Vibar.

EN BURGOS.

D. José Julian Calleja.

EN CADIZ.

D. Sebastian Toribio y Molina, Escribano de Marina.
D. Francisco Morales.
D. Pedro Montemayor.

EN CÓRDOBA.

El Sr. Marques de Guadalcazar.
D. Manuel de Mora, Agrimensor.

EN GRANADA.

D. Francisco Montenegro.

EN JAEN.

D. Francisco Calatrava.
D. Rafael Michara.

EN MURCIA.

D. Juan Peralta, Arquitecto.
D. Agustin Juan Maurandi.
D. Ramon Fernandez Tirso.
D. Pedro Rodriguez, Teniente Coronel retirado.
D. Antonio Fernandez Capel.
D. Claudio Ros, Párroco de la Nora.
D. José Martinez, Presbítero.
D. Juan Ibañez.

EN OVIEDO.

El Sr. Director de la Real fábrica de Armas.
El Dr. D. Fernando Alvarez Miranda.
D. Francisco Sierra y Abello.
D. Francisco Bernaldo de Quirós.
D. José Argüelles Campomanes.

PALMA EN MALLORCA.

D. Juan Carlos Cardona.
El Excmo. Sr. Marques de la Romana.
D. José Olcza.

EN SANTANDER.

D. Fernando Antonio de Cos, Secretario de la Real Sociedad Cantábrica.

EN SANTIAGO.

D. Miguel García Bravo, del comercio.
Los Sres. D. José Andres García, del comercio de Santiago.
D. Domingo García Varela.

EN SEVILLA.

D. Juan María Varona.
D. Antonio Rasilla.
D. Gregorio Ruiz.
D. José Otero.
D. Nicolas María Sanchez.

EN SORIA.

D. Donato Adana, de Logroño.

EN TOLEDO.

D. Miguel Marichalar, Arquitecto, Académico de mérito de la Real de S. Fernando.
D. Rafael Peñuela y Salcedo, Capitan de Granaderos Provinciales.

EN TORTOSA.

D. Mariano Valls, Cura de Bot.

EN VALENCIA.

D. Vicente Belda.
D. Francisco Masía, de Requena.
D. José Agustin Bas, de Peñarrocha.
D. Raimundo de Sotos.
D. Joaquin Roca de Togores.
D. Francisco Ruiz.
D. Joaquin Cabrera, Arquitecto.
D. José Serrano, id.
D. Juan Bautista Charro, id.
D. Anselmo Segarra, Abogado.

EN VALLADOLID.

D. Francisco Martin Garrido.
D. Laureano Alvarez.
D. Mariano José de Reynoso.
D. Matías Rodriguez.

EN VITORIA.

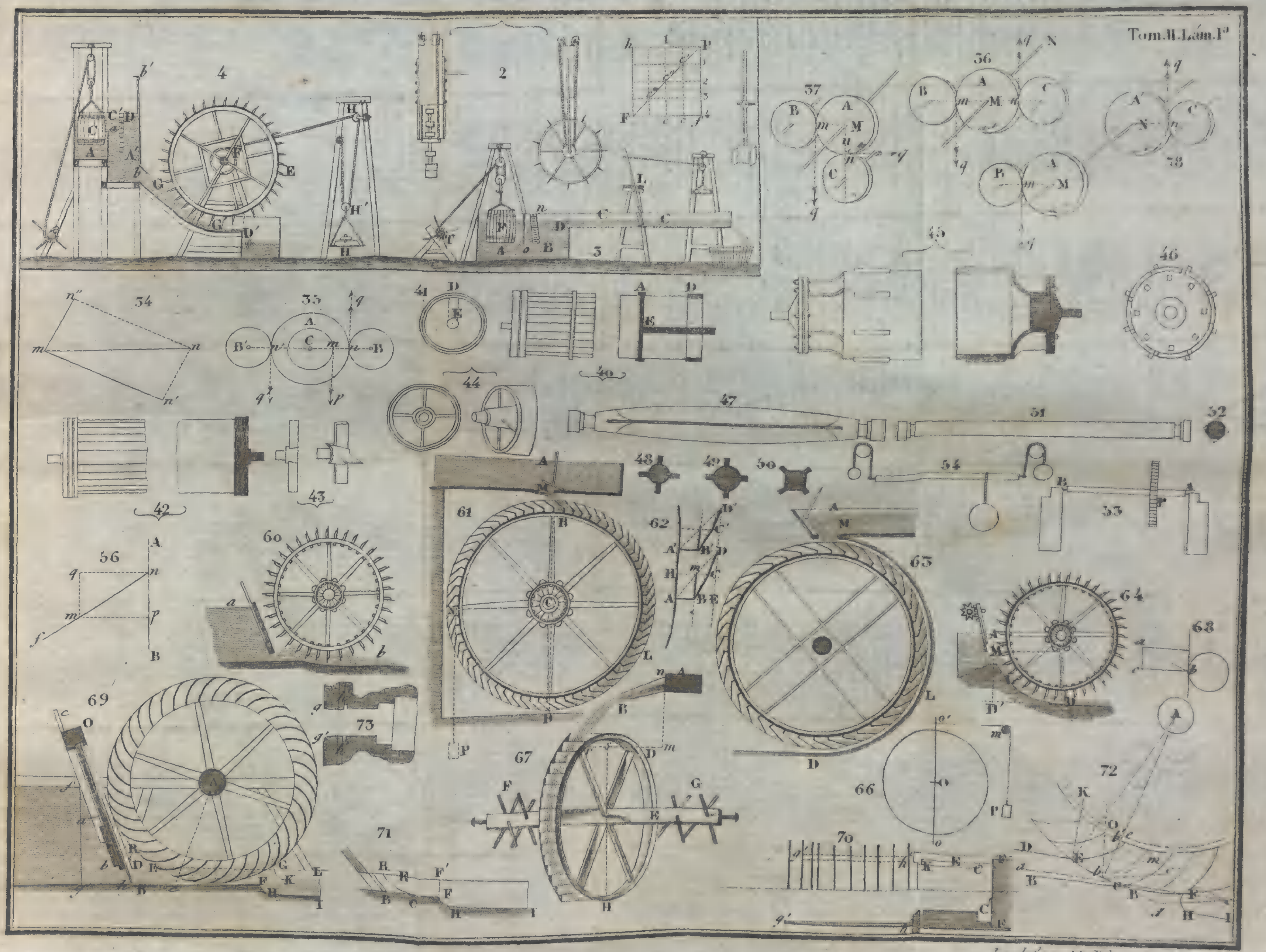
D. Francisco María de Aguirre.
D. Javier Lizasoain.

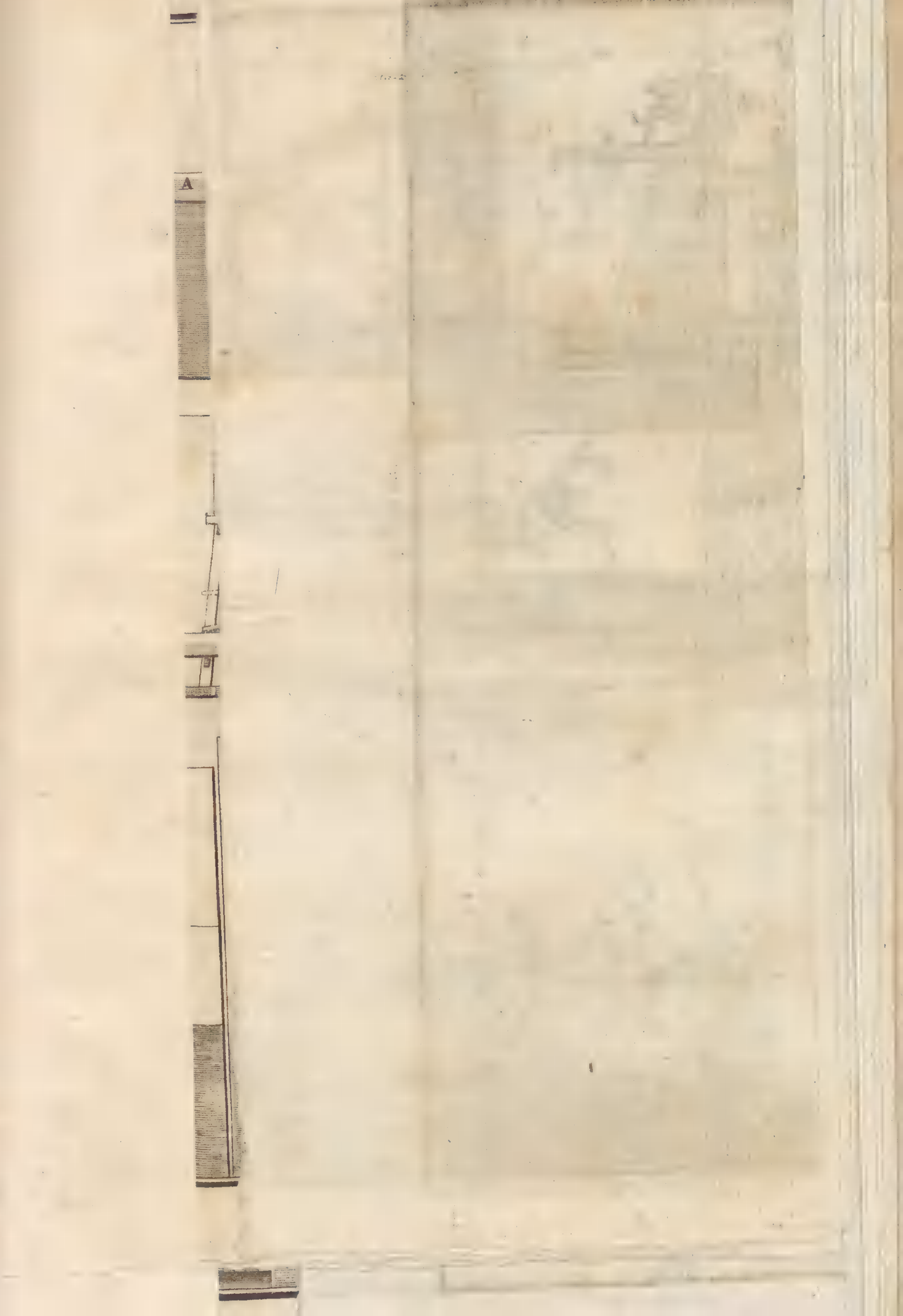
EN ZARAGOZA.

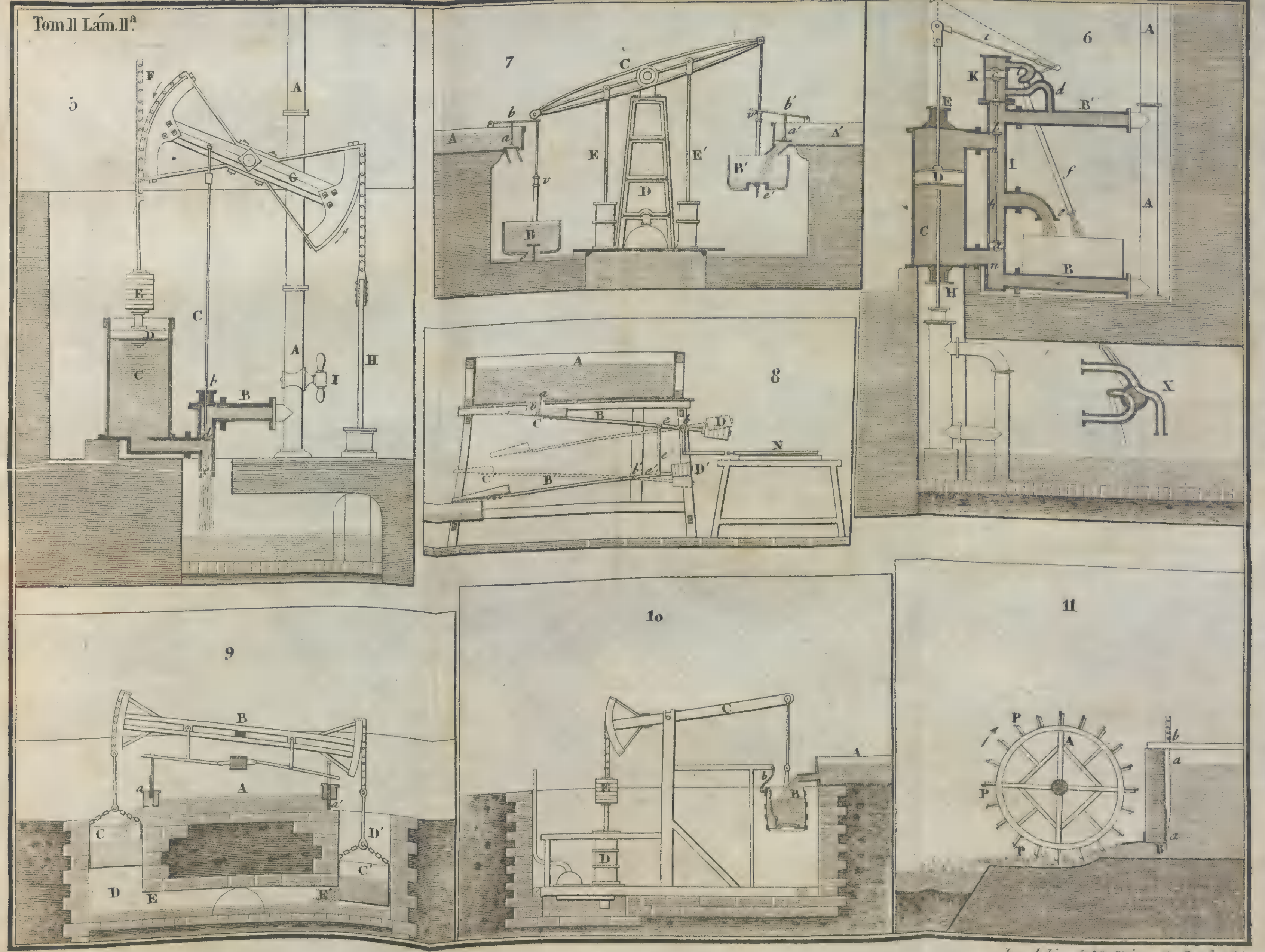
D. Joaquin Gomar y Quesel, Abogado.
D. Francisco Lasierra.
D. Paulino Domee.
Dr. D. Isidro Dolz.
D. M. G.
D. Pedro Amoedo.
D. Manuel Mendoza.
D. Ramon Mateo.
D. Florencio Bistuer.
D. José Lario.
D. N. N.
D. Mariano La Oliva.

EN PAMPLONA.

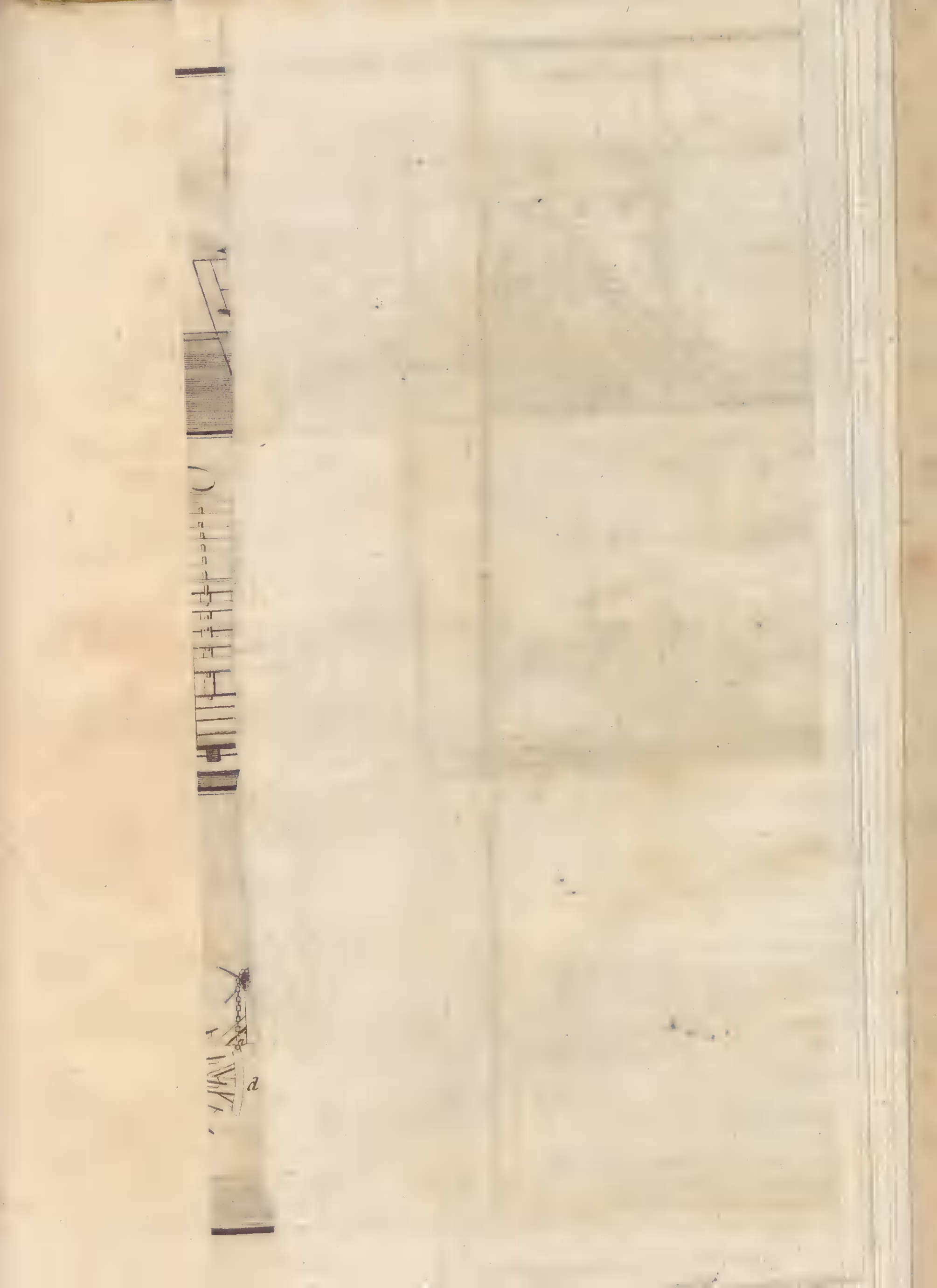
D. Francisco Bergara.
D. José Antonio Iñazca.
D. José María Uriarte.
El Sr. Coronel de Artillería de una plaza.
D. Manuel Octavio, de Toledo.

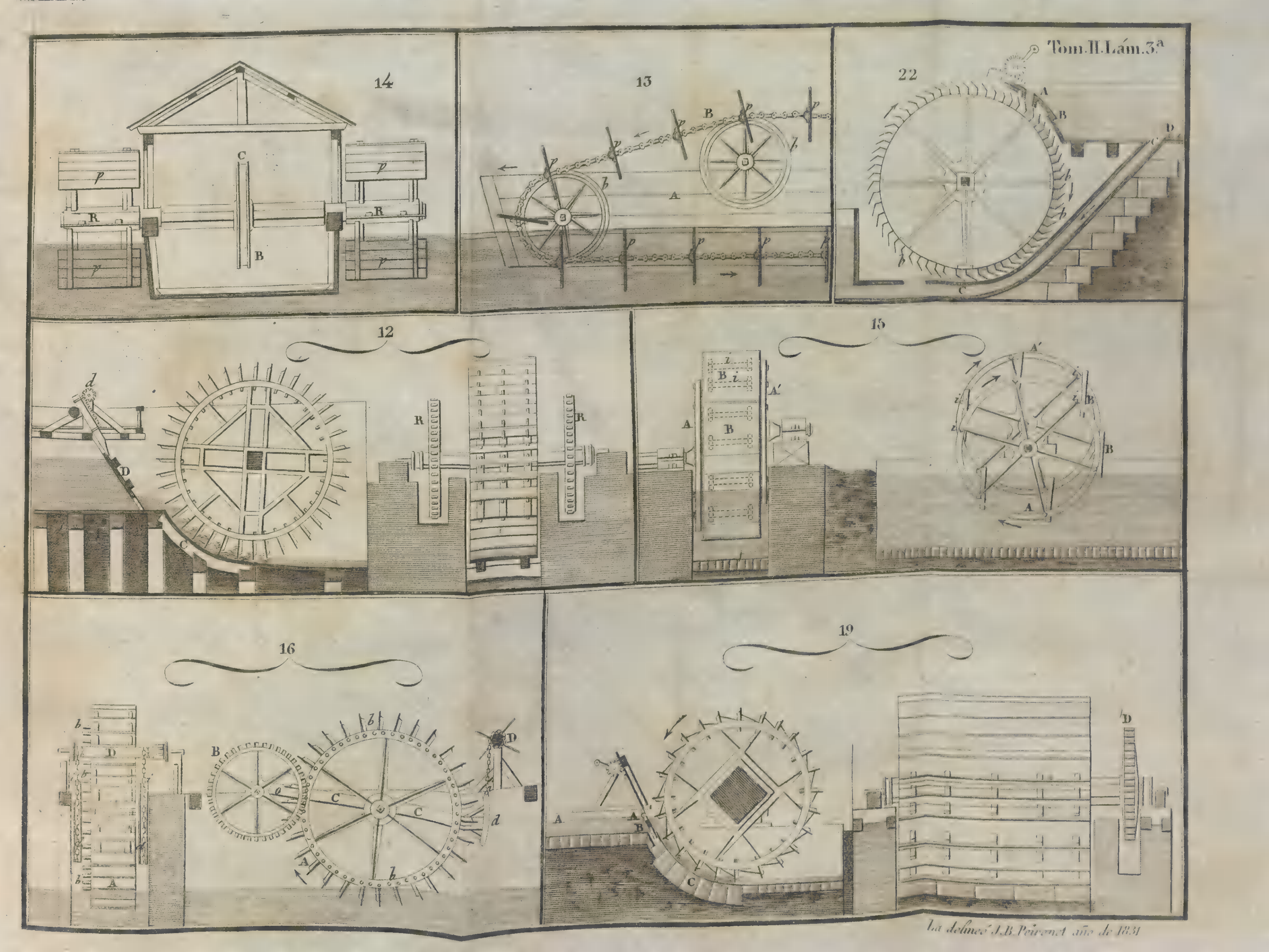

Tom. II. Lám. 1ª
La delineó J.B. Peironet año de 1831.

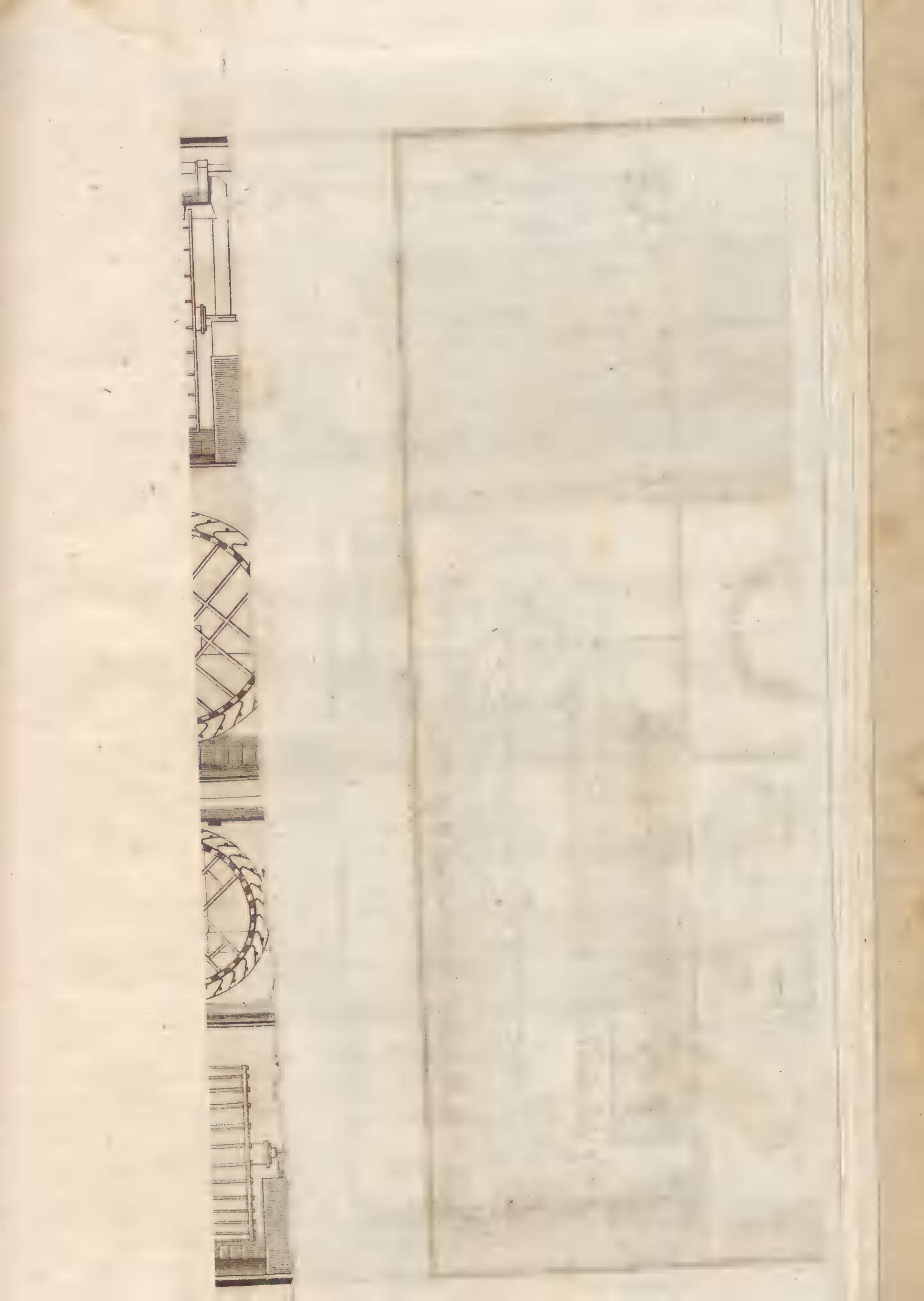

A

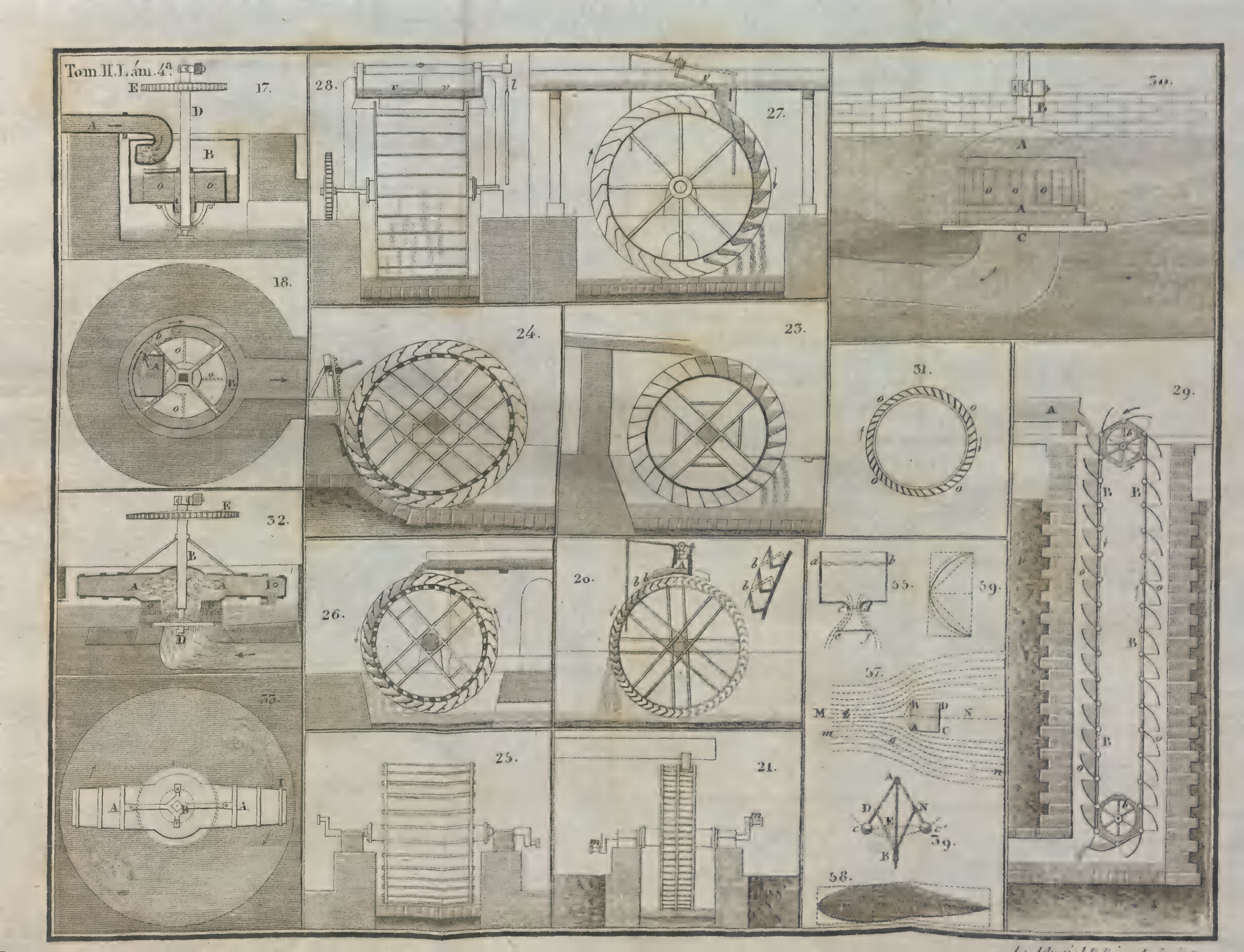


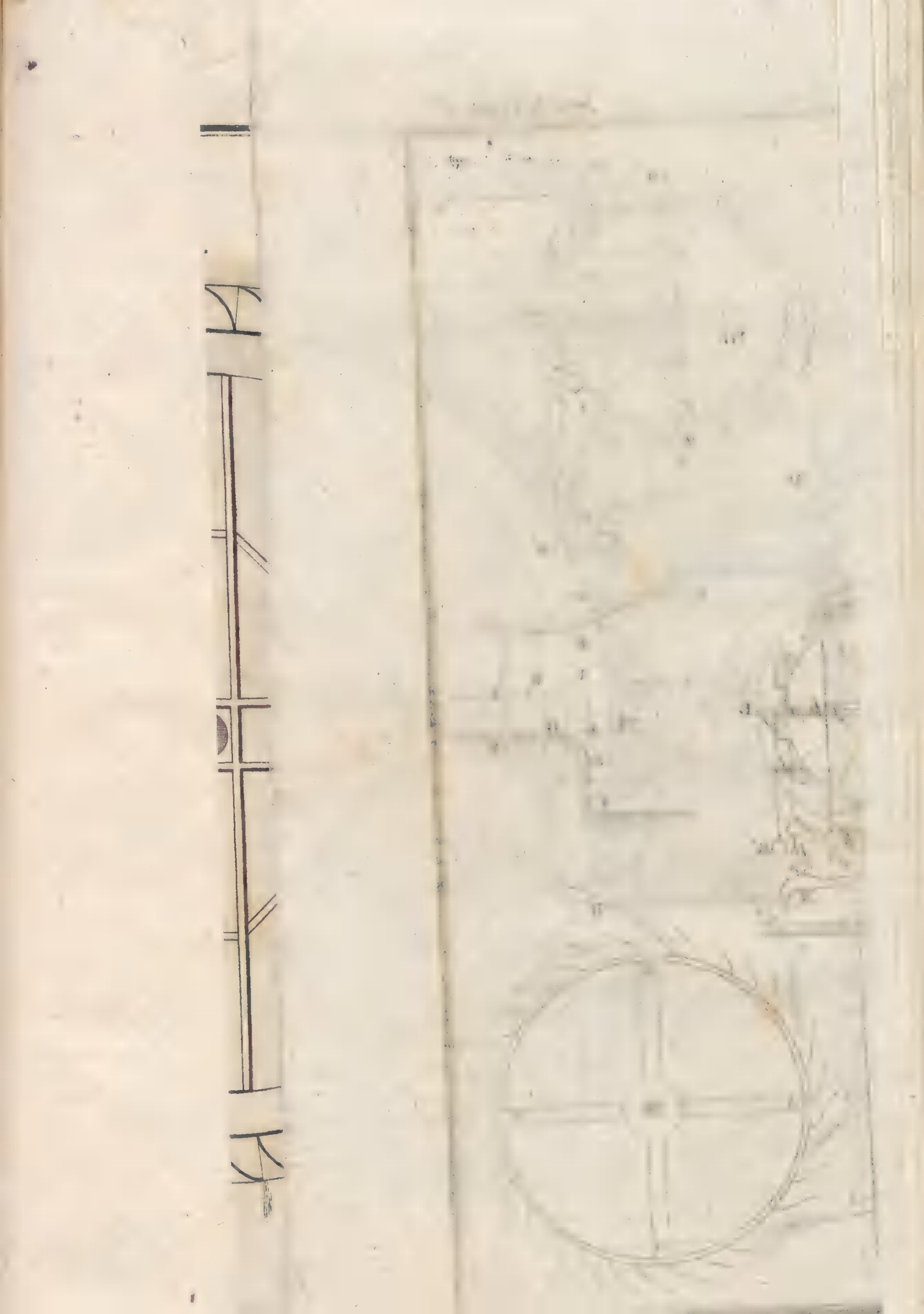
Lo delineó J.B. Peironet año de 1833.

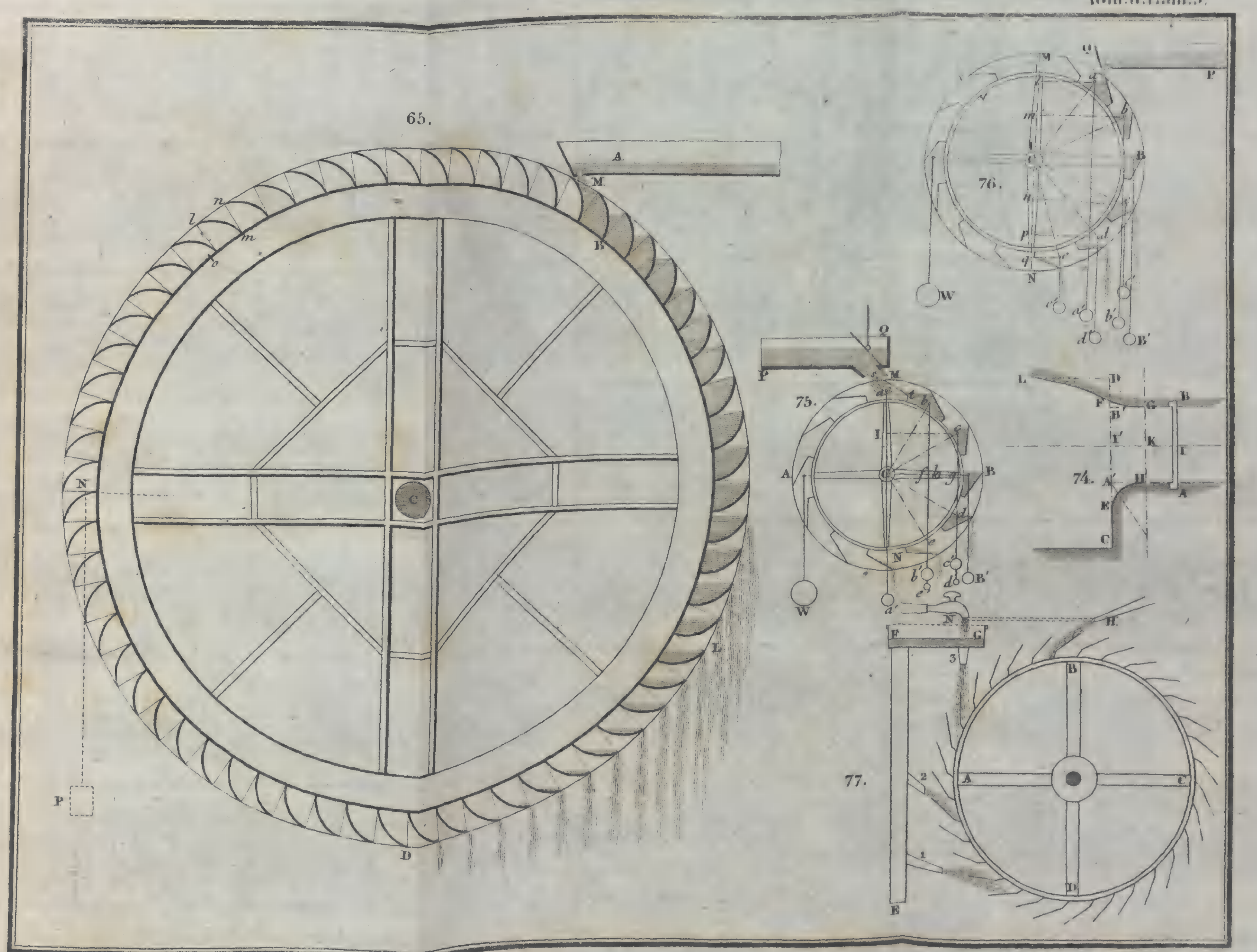

a


14
13
22
12
15
16
19
La delineó J. B. Peironet año de 1831



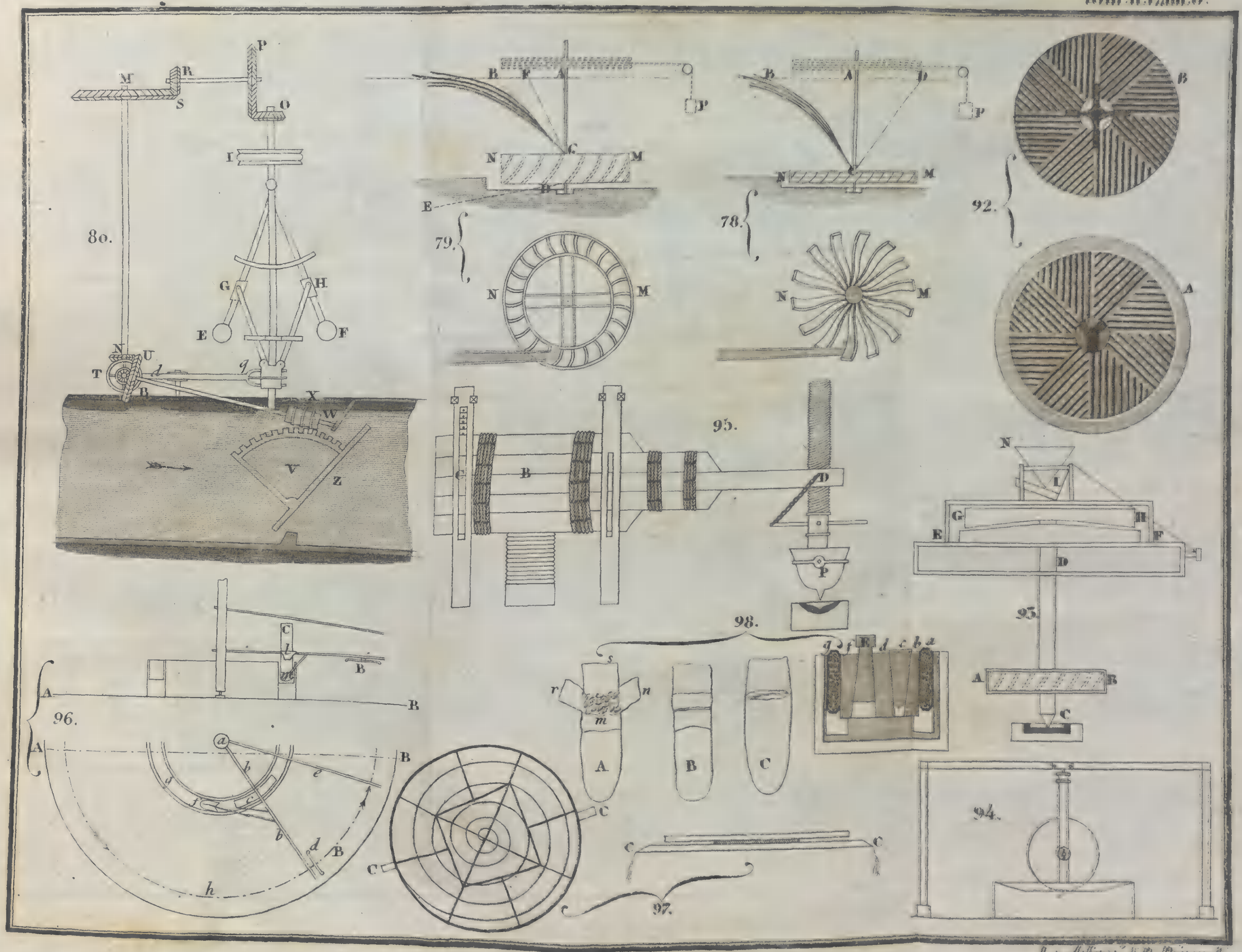

Tom. II. Lám. 4ª.
17.
28.
27.
30.
18.
24.
23.
31.
29.
32.
26.
20.
33.
25.
21.
57.
58.
59.



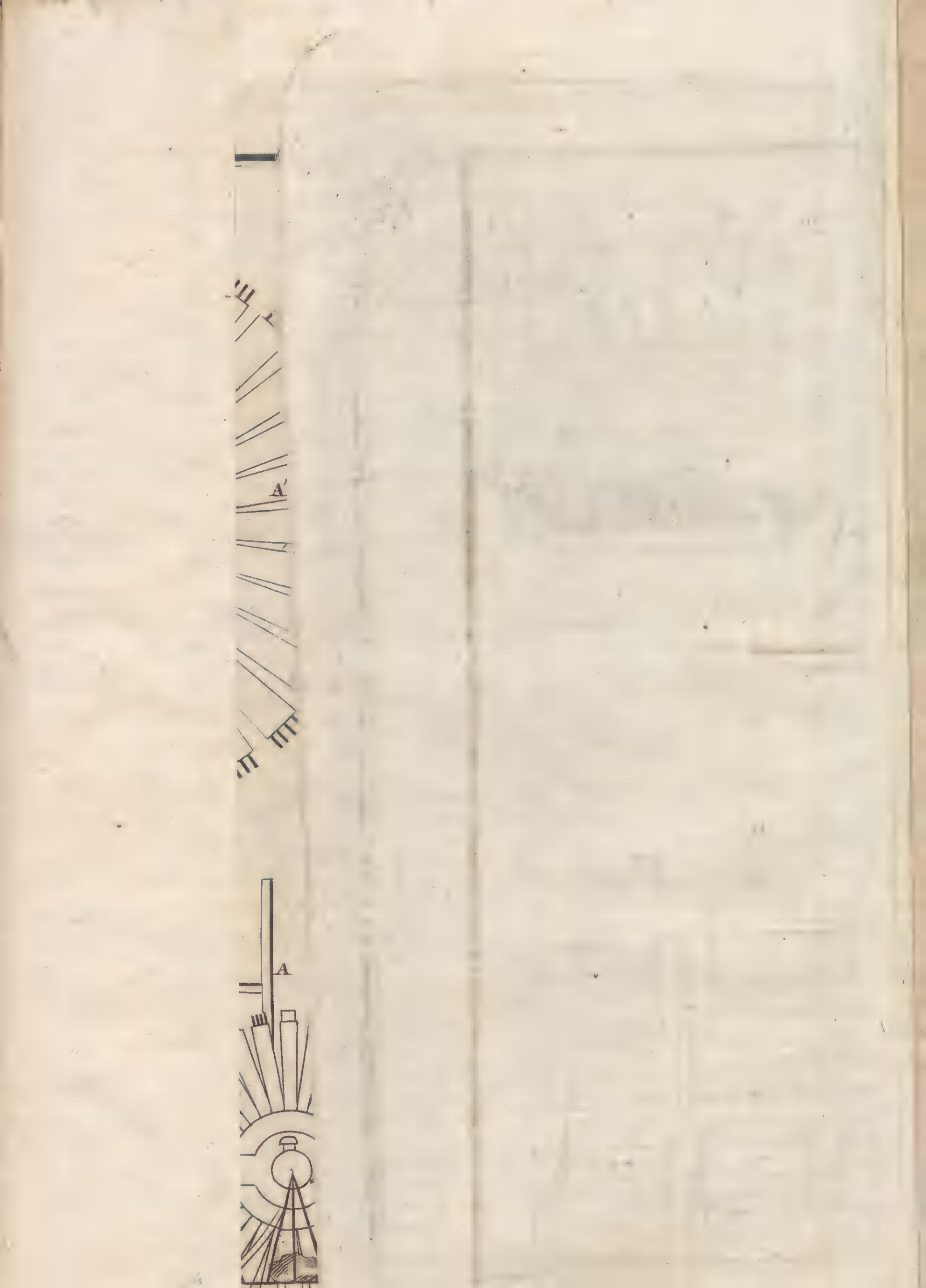


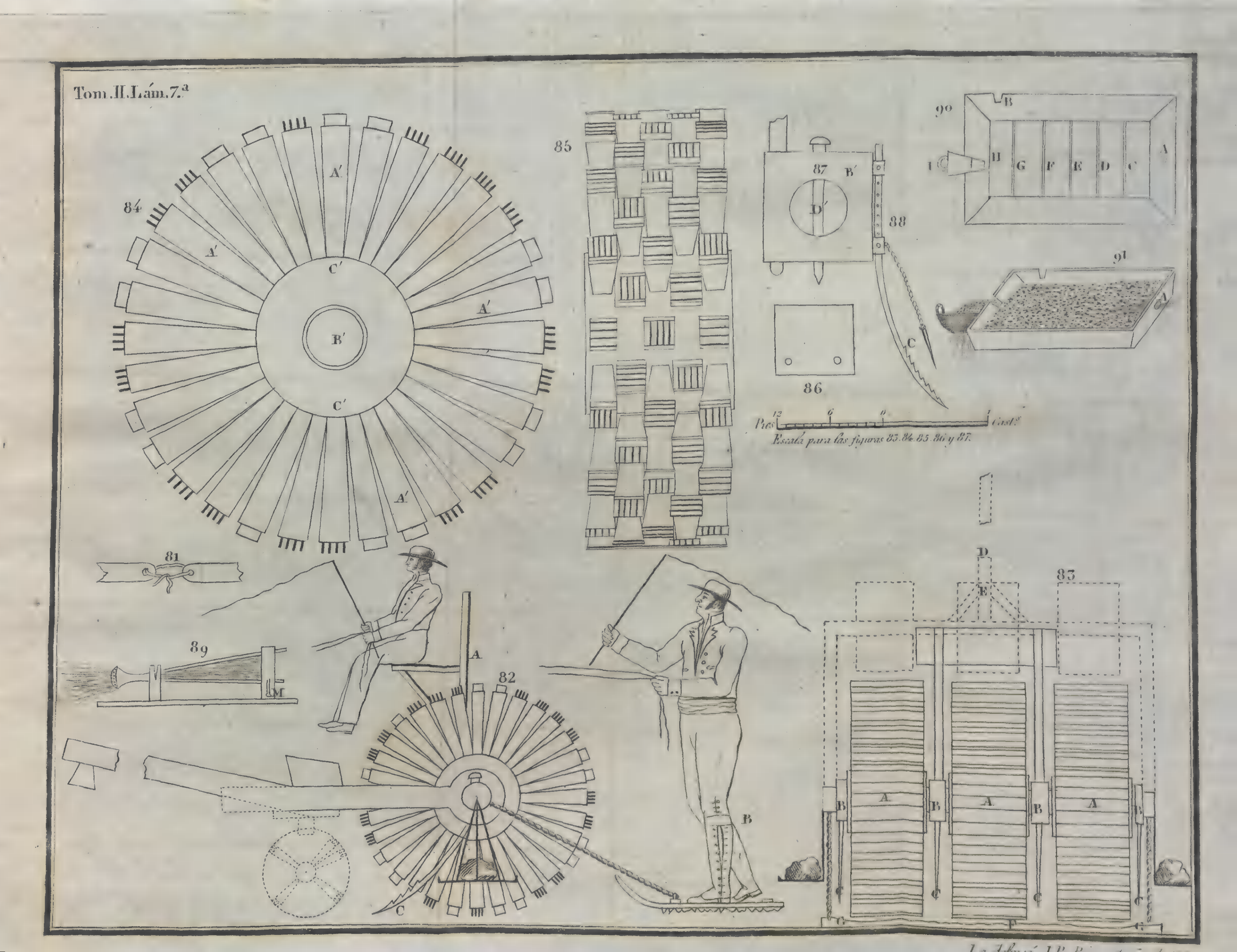
Lo delineó J. B. Peironet.





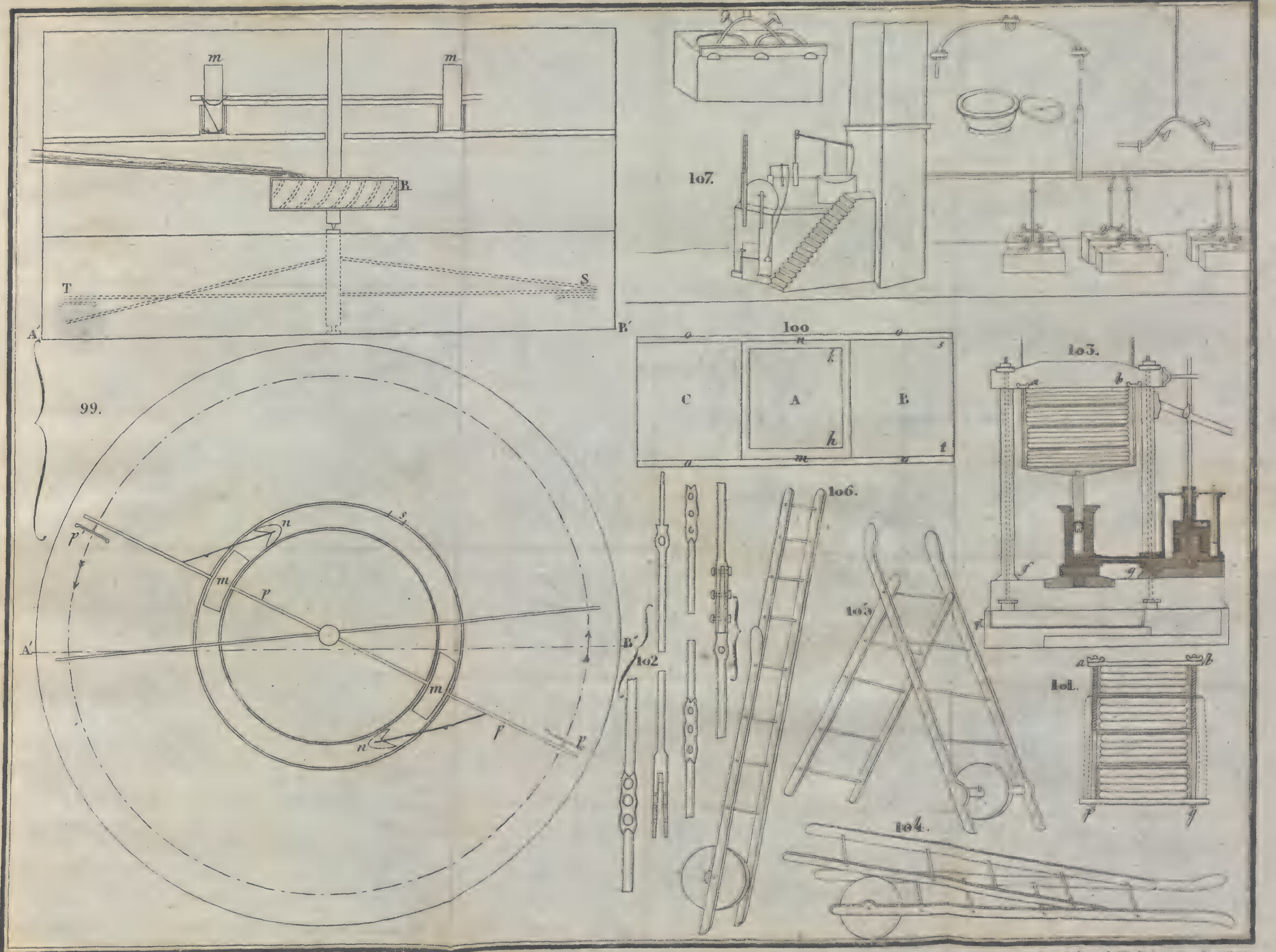
Lo delineó J. B. Peironet.


A'
A

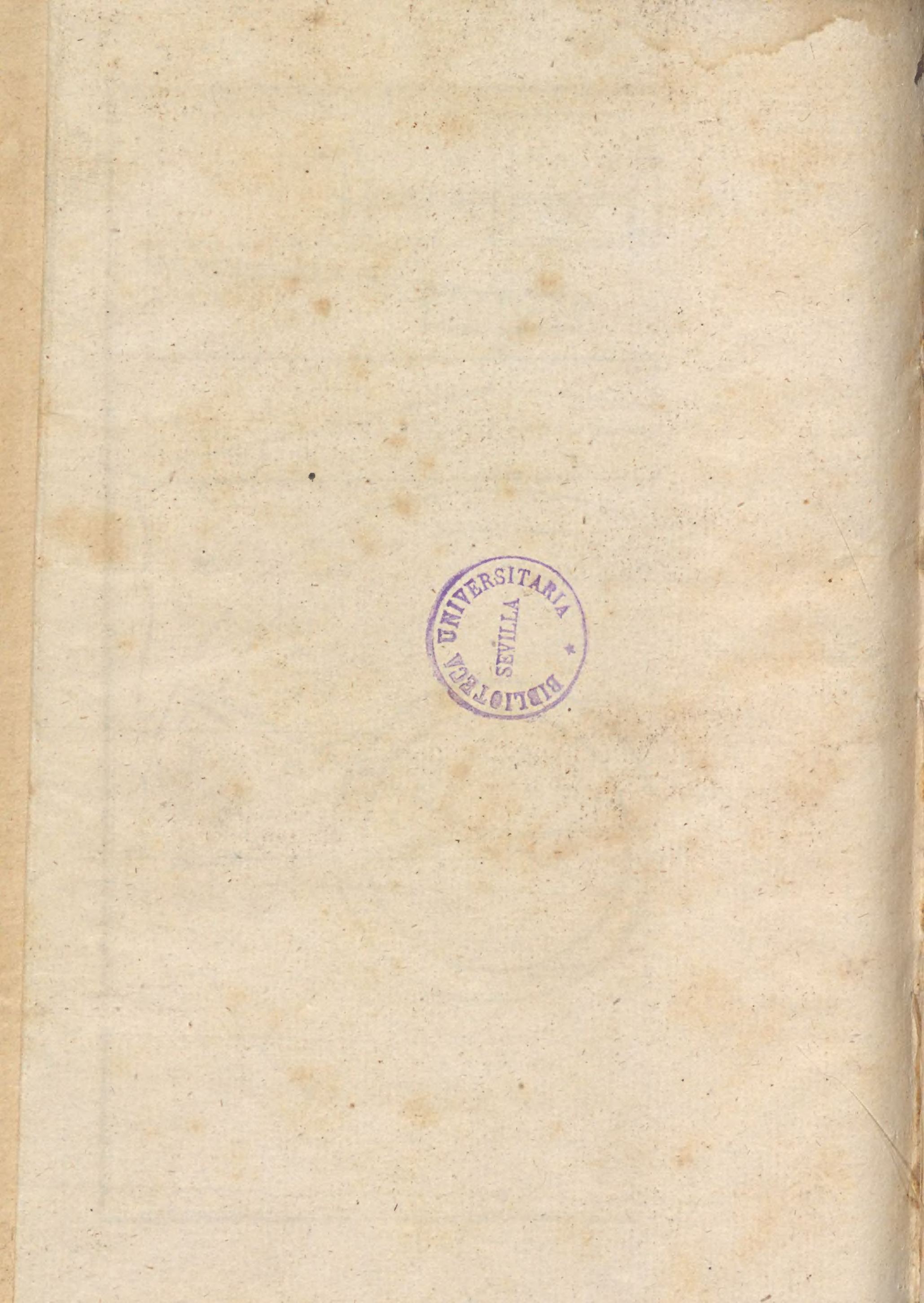


Tom. II. Lám. 7.ª
84
85
87
88
90
91
86
81
89
82
83
Pies 12 6 0 1 Cast.ª
Escala para las figuras 83. 84. 85. 86. y 87.

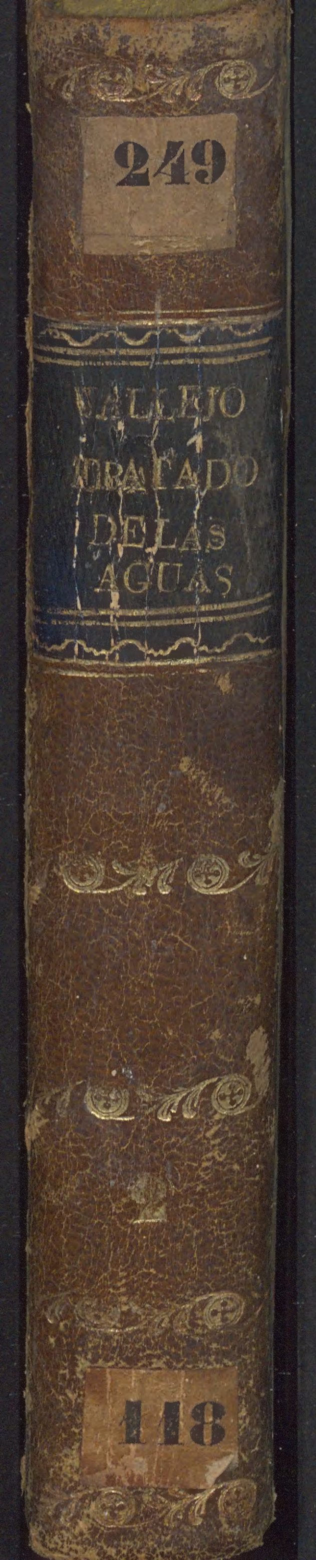




Lo delineó JB Peironet año 1833






249
VALLEJO
TRATADO
DE LAS
AGUAS
2
118